CENTRE SAINT-LAURENT

Environnement Canada
Conservation et Protection
Région du Québec

Environment Canada
Conservation and Protection
Quebec Region

LES ÉTUDES SUR LE BILAN IONIQUE DU LAC LAFLAMME: 1987-1990

Suzanne Couture
Direction des eaux intérieures
Région du Québec

Centre Saint-Laurent
Conservation et Protection
Environnement Canada

Juillet 1990

©Ministre des Approvisionnements et Services
Canada 1991
N° de catalogue: En40-4124-991F
ISBN: 0-662-96949-9

PERSPECTIVE DE GESTION

La présente étude est effectuée dans le cadre du programme TADPA IV. Le programme TADPA IV comporte plusieurs volets dont celui des effets du transport à distance des polluants atmosphériques sur les écosystèmes aquatiques. Une des réalisations du programme fut de mettre en oeuvre le programme de lutte contre les pluies acides dans l'est du Canada. Les sept provinces de l'est du Canada mettent actuellement sur pied des programmes et des règlements qui permettront d'abaisser les émissions d'anhydride sulfureux à 2300 kilotonnes en 1994, comparativement aux 4516 kilotonnes pour 1980, année de référence. Les programmes se concentrent sur dix importants émetteurs d'anhydride sulfureux de l'est du Canada, tous appartenent aux secteurs minier et énergétique.

La présente étude évalue l'effet des réductions d'émission d'anhydride sulfureux sur un écosystème aquatique représentatif de la forêt boréale.

MANAGEMENT PERSPECTIVE

This study was carried out within the framework of the LRTAP IV Program which comprises several studies including the effects of long-distance transport of atmospheric pollutants on aquatic ecosystems. One of the accomplishments of the Program was the development of the program to fight acid rain in Eastern Canada. The seven eastern Canadian provinces are now implementing programs and regulations which will make it possible to lower sulfur dioxide emissions to 2300 kilotons in 1994, as compared to 4516 kilotons for 1980, the year of reference. The programms focus on ten leading emitters of sulfur dioxide in Eastern Canada, all part of the mining and energy sectors.

This study evaluates the effect of emission reductions of sulfur dioxide on an aquatic ecosystem representative of the boreal forest.

RÉSUMÉ

De 1987 à 1990, l'analyse des données qualitatives et quantitatives sur le lac, l'exutoire et les précipitations au bassin du lac Laflamme s'est poursuivie avec l'objectif de mettre en évidence la réaction de l'écosystème aquatique aux dépôts acides. Le lac Laflamme est un lac de tête situé en forêt boréale et il reçoit en moyenne 1,3 m de précipitations par année. En 1987 et 1989, années de sécheresse, la hauteur de précipitation n'a atteint que 1,117 m et 1,154 m. Par contre, en 1988 et 1990, les précipitations étaient au-dessus de la moyenne avec 1,367 m et 1,505 m respectivement. La hauteur d'eau écoulée à l'exutoire s'élevait à 71,0 cm en 1987, 84,0 cm en 1988 et 75,7 cm en 1989.

Le pH moyen des précipitations était de 4,48 en 1987 et 4,38 en 1988. La charge atmosphérique annuelle de sulfates varie de 16,5 kg/ha en 1987 à 24,6 kg/ha en 1988, celle des nitrates a passé de 2,9 kg/ha à 4,7 kg/ha entre 1987 et 1988. Les charges atmosphériques élevées pour plusieurs éléments en 1988 sont dues à la fois à une hausse des concentrations dans les précipitations et au volume de précipitation supérieur à la moyenne. De 1981 à 1988, on détecte des tendances à la hausse de la charge atmosphérique de nitrates et de l'ion ammonium. En ce qui concerne les concentrations, une tendance à la hausse n'est observée que pour les nitrates.

Sur une base annuelle, la composition de l'eau du lac est dominée, en terme d'équivalent, par le calcium et les bicarbonates. En 1988 et 1989, le rapport annuel bicarbonates/sulfates est supérieur à un (1) pour l'eau du lac, mais était inférieur à un à l'exutoire. La médiane du pH de l'eau du lac est de 6,4. Pour les tendances temporelles, on note une tendance à la hausse des concentrations en sulfates et en fer dans l'eau du lac et de l'exutoire pour la période 1981 à 1989, mais en revanche des tendances à la baisse pour l'alcalinité de l'eau du lac et de l'exutoire et les concentrations en ion hydrogène, en calcium et en nitrates.

Pour la période 1987 à 1989, 1988 est l'année où les exportations à l'exutoire de la plupart des éléments étaient les plus élevées. Pour la période allant de janvier 1981 à mai 1990, on détecte des tendances temporelles à la baisse pour les exportations de l'ion hydrogène, des nitrates et de l'alcalinité.

Le bilan annuel des principales substances chimiques montre une accumulation de l'ion hydrogène et des nitrates dans le bassin du lac Laflamme; par contre les cations majeurs sont en grande partie lessivés du bassin.

ABSTRACT

From 1987 to 1990, the analysis of qualitative and quantitative data on the water of lake Laflamme, its outflow and precipitation on this catchment basin was carried out in order to emphasize the effect of acid deposits on this aquatic ecosystem.

Lake Laflamme is a headwater lake situated in the boreal forest and it receives an average of 1.3 m of precipitation each year. In 1987 and 1989, considered as dry years, the level of precipitation reached only 1.117 m and 1.154 m respectively. By contrast, in 1988 and 1990, precipitation was above average with 1.367 m and 1.505 m respectively. The level of overflow increased from 71.0 cm in 1987 to 84.0 cm in 1988, and dropped back to 75.7 cm in 1989.

The precipitation average pH was 4.48 in 1987 and 4.38 in 1988. The annual atmospheric load of sulfates varied from 16.5 kg/ha in 1987 to 24.6 kg/ha in 1988; that of nitrates ranged from 2.9 kg/ha to 4.7 kg/ha between 1987 and 1988. The elevated atmospheric load for several elements in 1988 was due to a concurrent rise in precipitation content, and the higher-than-average volume of precipitation. From 1981 to 1988, a tendency for an increased atmospheric load of nitrates and the ammonium ion was detected. Regarding concentrations, no tendency for increase was observed except in nitrates.

On an annual basis, composition of the lake water is dominated by calcium and bicarbonates. In 1988 and 1989, the annual bicarbonate/sulfate ratio was higher than one for the lake water and lower than one for the outflow. The pH median for the lake water is 6.4. Regarding temporal trends, there was a tendency for increase in iron and sulfates content in the lake water and outflow during the 1981-1989 period, however, there was a tendency for decrease in alkalinity, the hydrogen ion, calcium, and nitrates content.

For the 1987-1989 period, the exportation of most elements to the outflow reached a maximum in 1988. From January 1981 to May 1990, temporal trends indicated a drop in exportation of the hydrogen ion, nitrates and alkalinity.

The annual budget of principal chemical substances shows an accumulation fo the hydrogen ion and nitrates in the lake Laflamme basin, however, the major cations are, for the most part, washed out of the basin.

92-01788/

TABLE DES MATIÈRES

PERSPECTIVE DE GESTION		iii
MANAGEMENT PERSPECTIVE		iv
RÉSUMÉ		v
ABSTRACT		vii
LISTE DES FIGURES		x
LISTE DES TABLEAUX		xi
REMERCIEMENTS		xii
1	**INTRODUCTION**	1
2	**DESCRIPTION DU BASSIN**	2
3	**MÉTHODOLOGIE**	5
3.1	Les précipitations	5
3.2	Le lac et l'exutoire	5
3.3	Données manquantes dans les séries pour l'eau du lac et de l'exutoire	8
3.4	Méthodes statistiques et logiciels utilisés dans le traitement des données	9
4	**LES PRÉCIPITATIONS**	11
4.1	Volume des précipitations	11
4.2	Concentrations des ions	11
4.3	Tendances temporelles des ions majeurs	14
5	**LE LAC ET L'EXUTOIRE**	17
5.1	Le volume d'eau	17
5.2	Concentrations des ions	18
5.3	Tendances temporelles des ions majeurs	21
5.3.1	Le pH	24
5.3.2	Les sulfates	28
5.3.3	Les nitrates	28
5.3.4	L'alcalinité et le calcium	28
5.3.5	La couleur	30
5.3.6	Le fer	30

6	**BILAN HYDROLOGIQUE ET CHIMIQUE**	33
6.1	Bilan hydrologique	33
6.2	Bilan chimique	33
6.2.1	Les apports atmosphériques	33
6.2.2	Les exportations à l'exutoire	36
6.2.3	Bilans annuels	38
7	**CONCLUSIONS**	42
RÉFÉRENCES		47
ANNEXES		
1	Paramètres chimiques échantilonnés tous les deux mois	49
2	Précipitations et écoulements mensuels (mm) pour 1987, 1988, 1989 et 1990	51
3	Données de laboratoire pour l'eau du lac Laflamme et de son exutoire, pour 1987, 1988, 1989 et jusqu'à mai 1990	53
4	Apports atmosphériques mensuels (kg/ha) pour le bassin du lac Laflamme pour 1987 et 1988	69
5	Exportations mensuelles (kg/ha) à l'exutoire du lac Laflamme pour 1987, 1988 et 1989	71

LISTE DES FIGURES

1	Localisation du bassin versant du lac Laflamme	3
2	Évolution temporelle des concentrations mensuelles en sulfates et ion hydrogène dans les précipitations (1981-1988)	15
3	Évolution temporelle des concentrations mensuelles en nitrates et ion ammonium dans les précipitations (1981-1988)	16
4	Hydrogramme hebdomadaire de 1987 à mai 1990	17
5	Composition relative des cations et des anions dans l'eau du lac (1981-1989)	20
6	Moyennes annuelles des concentrations de magnésium, sodium, potassium et pour la conductivité dans l'eau du lac (1981-1989)	25
7	Moyennes annuelles pour la couleur et les concentrations de chlorures, aluminium et zinc dans l'eau du lac (1981 à 1989)	26
8	Évolution temporelle du pH et des concentrations de fer dans l'eau du lac (1981 à mai 1990)	27
9	Évolution temporelle des concentrations de sulfates et nitrates dans l'eau du lac (1981 à mai 1990)	29
10	Évolution temporelle de l'alcalinité Gran et du calcium dans l'eau du lac (1981 à mai 1990)	32
11	Bilan hydrologique du bassin versant du lac Laflamme par année hydrologique	34
12	Bilan ionique des sulfates et des nitrates	39
13	Bilan ionique des cations majeurs	41

LISTE DES TABLEAUX

1	Caractéristiques du bassin versant du lac Laflamme	4
2	Méthodes analytiques pour les précipitations et les eaux de surface	7
3	Limites de détection de la méthode ICAP par concentration	8
4	Valeurs manquantes pour le lac et l'exutoire pour la période de 1987 à mai 1990	10
5	Précipitations et écoulements annuels au lac Laflamme par année hydrologique et par année civile	12
6	Moyennes annuelles pondérées des paramètres analysés pour les précipitations	13
7	Tendances temporelles des ions majeurs dans les précipitations	14
8	Rapport bicarbonates/sulfates pour l'eau du lac et de l'exutoire	19
9	Moyennes annuelles des paramètres chimiques au centre du lac	22
10	Moyennes annuelles des paramètres chimiques à l'exutoire du lac	23
11	Tendances temporelles des séries chronologiques des paramètres de l'eau du lac et de l'exutoire (1981-1989)	24
12	Charges annuelles pour les paramètres de qualité des précipitations analysés au lac Laflamme (kg/ha)	35
13	Charges annuelles exportées à l'exutoire du lac Laflamme (kg/ha)	37
14	Tendances temporelles des concentrations et des charges exportées à l'exutoire du lac Laflamme (1981-1989)	38

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier le personnel de la Direction des eaux intérieures de Sainte-Foy, ainsi que le personnel des laboratoires de Longueuil et de Burlington pour leur contribution dans l'acquisition des données. Des remerciements spéciaux vont à Madeleine Papineau, Denis Labonté, André Bouchard, Denis Fortin et Daniel Houle pour leurs précieux conseils et leur présence amicale tout au long du projet.

La révision du texte et la mise en page finale a été assurée par Monique Simond de la section Révision et graphisme du Centre Saint-Laurent, et Denise Séguin de la même section, a procédé au montage des figures.

1 INTRODUCTION

De 1985 à 1990, le programme fédéral TADPA (transport à distance des polluants atmosphériques) visait à déterminer l'aptitude et la capacité des écosystèmes à résister aux effets du transport à distance des polluants atmosphériques et à établir des relations entre les retombées atmosphériques et les impacts sur le milieu aquatique. Depuis 1985, plusieurs actions ont été entreprises pour réduire de 30 à 50 p.100 par rapport aux émissions de 1980, les émissions atmosphériques de polluants acides. Il y a eu notamment la mise en oeuvre du Programme de lutte contre les pluies acides dans l'est du Canada, les modifications au *Clean Air Act* des États-Unis et des protocoles signés avec la Commission économique européenne sur les réductions des émissions de polluants acides.

Le bassin versant du lac Laflamme est un outil qui nous permettra de suivre l'évolution d'un écosystème aquatique de la forêt boréale suite à la mise en place des programmes de réduction des polluants atmosphériques. Le bassin versant calibré du lac Laflamme est un site unique au Québec où il est possible de mettre en relation les dépôts acides et la réaction de l'écosystème aquatique à ces dépôts.

Dans un premier temps, ce rapport documente les données qualitatives (1987-1988) et quantitatives (1987-1990) sur les précipitations. Par la suite, les données sur la qualité et la quantité d'eau du lac et de l'exutoire sont documentées pour la période de janvier 1987 à mai 1990. Des tendances temporelles de certains paramètres de qualité des précipitations (de 1981 à 1988), de l'eau du lac et de l'exutoire (de 1981 à 1989) sont mises en évidence. Le dernier chapitre porte sur les bilans hydrologiques et les bilans chimiques.

2 DESCRIPTION DU BASSIN

Le bassin versant du lac Laflamme se trouve dans la réserve faunique des Laurentides à 80 km au nord de la ville de Québec (figure 1). Ce lac de tête repose sur le bouclier canadien à une altitude de 777 m. Le bassin versant occupe 68,4 ha et le lac, 6,1 ha. Le site est caractérisé par des précipitations annuelles abondantes qui atteignent en moyenne 1,3 m; 34 p. 100 des précipitations tombent sous forme de neige. La circulation dominante des masses d'air est d'ouest en est. Par conséquent, l'air est surtout de type continental.

La forêt fait partie de la zone climacique de la sapinière à bouleau blanc. Les espèces dominantes incluent 90 p.100 de sapin baumier (*Abies balsamea* (L. Mill), 5 p.100 de bouleau blanc (*Betula papyrifera,* Marsh) et 5 p.100 d'épinette blanche (*Picea glauca*, Moench). Sur les rives, la pessière tourbeuse à Ledum et l'aulnaie sont les associations végétales dominantes. Les sols du bassin versant sont surtout des podzols ferro-humiques orthiques. Les dépôts meubles sont essentiellement des tills composés de feldspaths potassiques, de quartz et de pagioclases. L'épaisseur moyenne des dépôts meubles est de 1 à 2 m sur les versants et de 15 m sous le lac. La roche en place s'altère peu et se compose surtout de gneiss charnockitiques.

Le lac est peu profond (max. 5,3 m) et le temps de séjour de l'eau, assez court (environ deux mois). Sa recharge est assurée principalement par l'eau souterraine et par un ou deux ruisseaux à l'est du bassin. Le lac ne possède qu'un seul exutoire qui rejoint la rivière Montmorency qui se jette dans le fleuve Saint-Laurent. Plusieurs autres caractéristiques du bassin versant sont présentées au tableau 1.

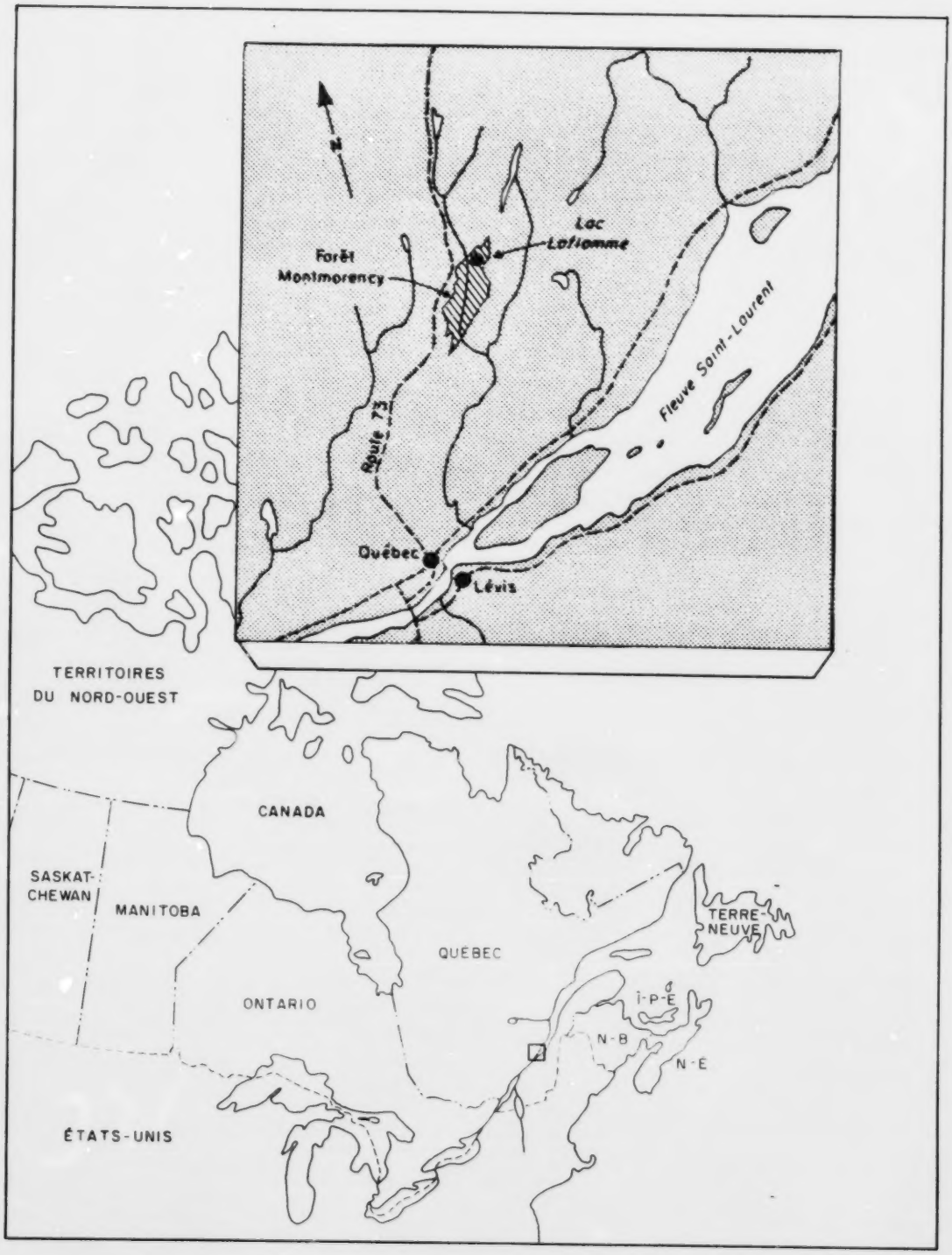


Figure 1 ***Localisation du bassin versant du lac Laflamme***

Tableau 1 ***Caractéristiques du bassin versant du lac Laflamme***

Latitude	47°19'
Longitude	71°07'
Superficie totale du bassin	0,684 km^2
Altitude (min.)	777 m
Altitude (max.)	884 m
Pente (min.)	0 %
Pente (max.)	30 %
Pente moyenne arithmétique	8,6 %
Superficie du lac	0,061 km^2
Périmètre du lac	1,02 km
Profondeur du lac (max.)	5,3 m
Profondeur du lac (moyenne)	2,05 m
Volume du lac	125 x 10^3 m^3
Assise rocheuse	gneiss charnockitiques
Dépôts meubles	moraine de fond, till délavé
Épaisseur des dépôts	environ 2 m sur les pentes 15 à 20 m sous le lac
Type de sol	podzol ferro-humique orthique
Drainage	de bon à imparfait
Perméabilité (dépôts)	1,5 x 10^{-3} cm/s
Végétation	sapin baumier (*Abies balsamea)* épinette blanche (*Picea glauca)* bouleau (*Betula papyrifera)*
Macrophytes	*Nuphar Eleocharis Carex Sagittaria*
Faune ichtyologique	omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis)*
Charge du lac	petits ruisseaux et résurgences; écoulement souterrain important
Décharge du lac	un ruisseau principal
Temps de renouvellement	environ 2 mois
Débit à l'exutoire (min.)	< 0,001 m^3/s (du 13 au 26 JAN 88)
Débit à l'exutoire (max.)	0,351 m^3/s (1 MAI 86)
Prise des glaces	mi-novembre
Calage des glaces	mi-mai
Précipitations annuelles (moy.)	1,3 m

Données sur la forêt Montmorency

Température de l'air (max.)	34 °C
Température de l'air (min.)	-41 °C
Température de l'air (moyenne)	0,2 °C
Période sans gel	135 jours

3 MÉTHODOLOGIE

L'échantillonnage des principales composantes de l'étude du bilan ionique du lac Laflamme a débuté en 1981.

3.1 Les précipitations

La station météorologique du réseau APN (Air and Precipitation Network) a été installée dans la forêt Montmorency à la fin de l'année 1980 pour analyser à la fois la qualité de l'air et des précipitations sur une base journalière. En juillet 1983, cette station a été intégrée au réseau RCEPA (réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air). Pour les données sur la qualité et le volume des précipitations (sous la responsabilité du Service de l'environnement atmosphérique) pour les neuf dernières années, il y a lieu de consulter les travaux de Barrie *et al.* (1982, 1984), Wiebe *et al.* (1985) et Vet *et al.* (1986, 1988a, 1988b 1989). Le tableau 2 présente les méthodes utilisées pour l'analyse des paramètres de la qualité des précipitations. Pour plus d'informations sur l'opération du réseau RCEPA, le lecteur voudra bien consulter Vet *et al.* (1989).

3.2 Le lac et l'exutoire

Des échantillons d'eau du centre du lac Laflamme (échantillon intégré de 0 à 4 m) et de l'exutoire ont été prélevés hebdomadairement depuis 1981. Ces échantillons ont été préservés à 4 °C, et une partie d'entre eux a été expédiée le jour même de l'échantillonnage au laboratoire régional de Longueuil, et ce, jusqu'en août 1990. Les paramètres de la qualité de l'eau retenus pour l'étude du bilan ionique sont la conductivité, la couleur, le pH, l'alcalinité totale, l'alcalinité Gran, la dureté, le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, les sulfates et les chlorures. Les nitrates et le phosphore total (préservé avec H_2SO_4) ont aussi été analysés. Certains paramètres comme le carbone inorganique dissous, le carbone organique dissous, l'ammoniaque et la silice sont échantillonnés tous les deux mois (annexe 1). L'écart ionique, les calculs de la conductivité et de la dureté théoriques ainsi que la relation aux limites historiques

ont tous été considérés avant d'accepter un résultat analytique. Le tableau 2 indique les méthodes utilisées par le laboratoire de Longueuil pour l'analyse des paramètres mentionnés plus haut. Les niveaux du lac et de l'exutoire ont été mesurés de façon continue par des limnigraphes (Environnement Canada, 1982 à 1990).

À la suite d'une étude interlaboratoire, une surestimation systématique des concentrations de phosphore total a été identifiée au laboratoire régional de Longueuil. La méthode d'analyse du phosphore sur auto-analyseur a donc été revisée en juillet 1988. Au lieu d'utiliser de l'acide ascorbique comme réactif, on se sert maintenant de chlorure stanneux. Depuis ce réajustement, les valeurs moyennes annuelles du phosphore total sont passées de 0,033 mg/l à 0,011 mg/l.

Entre février et août 1990, les analyses (bilan ionique du lac Laflamme) ont été faites à la fois au laboratoire régional de Longueuil et à un laboratoire privé. À partir de septembre 1990, les analyses devaient se faire uniquement au laboratoire privé. Cependant, à la lumière des résultats d'une étude statistique comparant les résultats analytiques du laboratoire régional de Longueuil à ceux du laboratoire privé (Bouchard et Couture, 1990), il a été décidé de cesser l'envoi d'échantillons à ce dernier. Entre septembre 1990 et février 1991, les analyses ont été réalisées par l'INRS-Eau et le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Québec dans le cadre de programmes conjoints. Les résultats restent partiels et seront discutés dans un rapport séparé.

Depuis 1983, l'analyse des métaux lourds (Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn) a été faite au laboratoire national de Burlington par la méthode de l'absorption atomique (les échantillons étaient préservés avec du HNO_3). Cette méthode a été remplacée en mai 1990 par la spectrophotométrie d'émission au plasma d'argon. Cette nouvelle méthode nous permet d'analyser à la fois seize métaux lourds soit: Al (13009), Ba (56009), Be (04010), Cd (48009), Co (27009), Cr (24009), Cu (29009), Fe (26009), Li (03009), Mn (25010), Mo (42009), Ni (28009), Pb (82009), Sr (38009), V (23009), Zn (30009) et les quatre cations majeurs (Ca, Mg, Na, K). Les limites de détection pour ces paramètres sont indiquées au tableau 3. La nouvelle méthode donne des limites de détection semblables

Tableau 2 ***Méthodes analytiques pour les précipitations et les eaux de surface***

Paramètre	Précipitations	Lac - exutoire	N° NAQUADAT
pH	Électrométrie	Électrométrie	10301L
Ca (mg/l)	Absorption atomique	Absorption atomique	20103L
Mg (mg/l)	Absorption atomique	Absorption atomique	12102L
Na (mg/l)	Photométrie par flamme	Absorption atomique	11105L
K (mg/l)	Photométrie par flamme	Absorption atomique	19105L
NH_4 (mgN/l)	Colorimétrie	Colorimétrie	7555P
SO_4(mg/l)	Colorimétrie (APN)	Colorimétrie	16306L
	Chromatographie ionique	Chromatog. ionique	16309L
Cl (mg/l)	Colorimétrie (APN)	Colorimétrie	17206L
	Chromatographie ionique		
NO_2 - NO_3 (mgN/l)	Colorimétrie (APN)	Colorimétrie	7112L
	Chromatographie ionique		
P (mgP/l)	Autoclave,digestion (APN)	Digestion, colorimét.	
		(acide ascorbique)	15406P
		(chlorure stanneux)	15411P
Conductivité (µS/cm)		Électrométrie	2041L
Couleur vraie (unité)		Comp. visuelle modifiée	2022L
Alcalinité totale (mg $CaCO_3$/l)		Titration H_2SO_4	10101L
Alcalinité Gran (mg $CaCO_3$/l)		Titration HCl	10110L
Dureté (mg $CaCO_3$/l)		Titration	10603L
SiO_2 (mg SiO_2/l)		Colorimétrie	14105L
Cd (mg/l)*		Absorption atomique	48002P
Cu (mg/l)*		Absorption atomique	29005P
Ni (mg/l)*		Absorption atomique	28002P
Zn (mg/l)*		Absorption atomique	30005P
Pb (mg/l)*		Absorption atomique	82002P
Al (mg/l)*		Absorption atomique	13003P
			13005P
Mn (mg/l)*		Absorption atomique	25004P
			25005P
Fe (mg/l)*		Absorption atomique	26004P
			26005P
Carbone organique dissous (mgC/l)		Infrarouge	6101L
			6104L
Carbone inorganique dissous (mgC/l)		Infrarouge	6151L
			6180L

* = jusqu'en mai 1990.

Tableau 3 *Limites de détection de la méthode ICAP par concentration*

Paramètre	Limite de détection (mg/l)
Aluminium	0,002
Barium	0,0002
Béryllium	0,00005
Cadmium	0,0001
Cobalt	0,0001
Chrome	0,0002
Cuivre	0,0002
Fer	0,0004
Manganèse	0,0001
Molybdène	0,0001
Nickel	0,0002
Plomb	0,0002
Lithium	0,02
Strontium	0,0001
Vanadium	0,0001
Zinc	0,0002
Calcium	0,01
Magnésium	0,01
Potassium	0,02
Sodium	0,02

semblables à la précédente pour l'aluminium et le cadmium, mais plus précises pour le cuivre, le nickel, le zinc, le plomb, le manganèse et le fer ainsi que pour les ions majeurs, à l'exception du potassium. Il existe un biais important pour le calcium entre la méthode du laboratoire de Burlington et celle du laboratoire de Longueuil.

3.3 Données manquantes dans les séries pour l'eau du lac et de l'exutoire

Le tableau 4 présente un résumé des valeurs manquantes pour l'eau du lac et de l'exutoire pour la période s'échelonnant entre 1987 et mai 1990. Pour ce qui est du débit, des problèmes avec le limnigraphe nous ont obligé à estimer certaines valeurs en 1989 et 1990. Ainsi, pour 1989, les données du 6 au 14 janvier, du 22 au 28 février,

du 2 au 5 mars, du 8 au 13 mars, du 15 au 21 mars, du 26 avril au 1er mai, le 3 mai, du 5 au 7 mai ainsi que du 4 au 15 décembre sont des valeurs estimées. De plus, le débit a été mesuré manuellement le 6 et le 12 décembre. Des problèmes de limnigraphe sont aussi survenus en 1990 entre le 18 janvier et le 6 février et entre le 23 mars et le 5 avril. L'estimation des débits manquants s'est faite à l'aide des données de débit historiques. Les moyennes mensuelles des années précédentes (m^3/jour) ont été utilisées pour estimer le débit journalier.

3.4 Méthodes statistiques et logiciels utilisés dans le traitement des données

La détection des tendances dans les séries de données est réalisée à partir du logiciel DETECT. Ce logiciel, développé à l'INRS-Eau, se veut une aide à la détection des tendances de la qualité de l'eau par des méthodes non-paramétriques. Il a été développé dans le cadre de l'analyse temporelle des données de la banque NAQUADAT sur la qualité de l'eau du fleuve Saint-Laurent; il peut toutefois accepter comme données d'entrée toute série temporelle convenablement structurée. Les tests non-paramétriques utilisés (Kendall, Kendall saisonnier, Hirsch et Slack et Lettenmaier) sont décrits dans Cluis *et al.* (1988).

Pour le traitement des autres données, soit les moyennes annuelles et mensuelles, la distribution des données, les régressions et le calcul des bilans ioniques, nous utilisons des logiciels comme Statgraphics et Knowledgeman/2.

Tableau 4 Valeurs manquantes pour l'eau du lac et de l'exutoire pour la période 1987 à mai 1990

Date	Paramètre	Lac	Exutoire	Échantillon pas analysé (estimation)	Valeur non validée (estimation)	
87-01-06	Zn	-	x	-	0129	(0,004)
87-01-13	Couleur	-	x	-	13	(19)
87-02-24	Alcalinité Gran	x	x	x (7,50;7,23)	-	
87-02-24	Zn	-	x	-	0,0218	(0,004)
87-03-04	Ca, Mg, Na, K	x	-	x (2,8;0,7,1,1;0,27)	-	
98-03-04	Ca, Mg, Na, K	-	x	x (2,7;0,6;1,0;0,22)	-	
87-03-24	Zn	x	-	-	0,0423	(0,006)
87-03-24	NO_3	-	x	-	0,13	(0,21)
87-06-22	Mn	-	x	-	0,040	(0,01)
87-07-07	Zn	x	-	-	0,012	(0,004)
87-10-13	P	x	-	x (0,026)	-	
87-11-09	Alcalinité Gran	x	-	-	4,83	(5,6)
87-11-24	Alcal.Gran, pH	x*	-	-	-	(5,4; 6,5)
87-11-24	Ca, Mg	x*	-	-	-	(2,3; 0,5)
87-11-24	Na, conductivité	x*	-	-	-	(1,0; 23)
88-01-12	pH, alcal. Gran	-	x*	-	-	(6,6; 5,3)
88-01-12	Ca, Mg, Na	-	x*	-	-	(2,4; 0,5; 1)
88-01-12	K, conductivité	-	x*	-	-	(0,15; 29)
88-01-12	Couleur, SO_4, NO_3	-	x*	-	-	(22; 5; 0,08)
88-01-12	Cl, P	-	x*	-	-	(0,3;0,043)
88-01-12	Fe	-	x	-	0,063	(0,125)
88-01-12	Mn	-	x	-	<0,002	(0,017)
88-01-12	Zn	-	x	-	0,0121	(0,006)
88-01-27	Al,Fe, Mn, Zn	-	x	x (0,11; 0,13; 0,022; 0,005)	-	
88-02-23	Zn	-	x	-	0,0224	(0,005)
88-05-31	Fe	x	-	-	0,0370	(0,20)
88-09-06	Al	x	-	-	0,037	(0,09)
88-11-15	Cl	-	x	-	0,6	(0,4)
88-12-13	pH, alcalinité G, P, conductivité	x	-	x (6,2; 5,66; 0,007; 25)	-	
88-12-13	Ca, Mg, Na, K	x	-	x (2,6; 0,5; 0,8; 0,17)	-	
88-12-13	Couleur, SO_4, Cl	x	-	x (30; 4,7; 0,3)	-	
88-12-28	NO_3, Cl	x	-	-	0,29;0,7	(0,07; 0,4)
89-09-18	Zn	x	-	x (0,0126)	-	
89-10-31	pH, alc. G, conductiv.	x	-	x (6,8; 5,10; 21,6)	-	
89-10-31	Ca, Mg, Na, K	x	-	x (2,3; 0,5; 0,9; 1,15)	-	
89-10-31	Couleur, SO_4	x	-	x (25; 5,0)	-	
89-10-31	NO_3, Cl	x	-	x (0,03; 0,4)	-	
89-11-14	Groupe 1**	x	-	x (voir annexe 1)	-	
89-12-26	Groupe 1**	x	-	x (voir annexe 1)	-	
89-12-26	Groupe 1**	-	x	x (voir annexe 1)	-	
90-01-23	NO_3	x	-	-	0,32	(0,13)
90-02-27	Cd	x	-	-	0,0108	(0,0014)
90-03-06	pH	x	-	-	7,6	(6,4)
90-03-13	Couleur	x	-	-	39	(23)
90-03-13	Alcalinité Gran	-	-	-	9,77	(5,52)
90-04-23	Fe	x	-	-	0,439	(0,315)

* L'échantillon n'a pas été prélevé à l'endroit habituel.

** Groupe 1 = pH, SO_4, NO_3, Cl, alcalinité Gran, Ca, Mg, Na, K,P, couleur, conductivité, Fe, Mn, Zn, Al.

4 LES PRÉCIPITATIONS

4.1 Volume des précipitations

La hauteur annuelle moyenne de précipitation pour les neuf dernières années hydrologiques (juin à mai) est de 1,30 m (tableau 5). Les années 1987-1988 et 1989-1990 peuvent être considérées comme étant plus sèches que la moyenne, alors que 1988-1989 est une année hydrologique au-dessus de la moyenne. La neige représente respectivement 38 p.100, 37 p.100 et 36 p.100 des précipitations pour les années hydrologiques 1987-1988, 1988-1989 et 1989-1990 (moyenne de 34 p.100 pour les neuf années hydrologiques considérées).

Au cours de la période 1987-1990, des précipitations supérieures à 35 mm ont été enregistrées douze fois. Ces événements représentent 10 p.100 des précipitations totales. Près de la moitié sont survenus en 1990 (17-1-1990, 10-5-1990, 18-6-1990, 28-8-1990, 30-9-1990). Pour la période s'échelonnant de 1987 à 1990, février 1987 a été le mois le plus sec (8,4 mm) et le mois d'octobre 1990 est celui où l'on a enregistré les plus fortes précipitations (208,1 mm) (voir annexe 2).

4.2 Concentrations des ions

En 1987 et 1988, le pH des précipitations journalières a varié entre 3,60 et 5,74. Les moyennes annuelles sont respectivement de 4,48 pour 1987 et 4,38 pour 1988 alors que la moyenne pour l'ensemble de la période est de 4,43. Le plus bas pH enregistré pour les précipitations en 1987 correspond au 2 novembre (pH de 3,67). En 1988, c'est le 4 novembre que le pH des précipitations a atteint son plus bas niveau (3,60). Les concentrations moyennes annuelles de sulfates ont augmenté de 1,44 mg/l en 1987 à 1,77 mg/l en 1988, comparativement à 1,60 mg/l qui est la concentration moyenne pour les huit dernières années. Les concentrations de tous les ions majeurs dans les précipitations à l'exception du potassium étaient plus élevées en 1988 qu'en 1987.

En 1987, des précipitations abondantes, fortement chargées de sulfates, se sont produites à 10 reprises et ont contribué à 45 p.100 des dépôts atmosphériques de

Tableau 5 ***Précipitations et écoulements annuels au lac Laflamme par année hydrologique et par année civile***

Année	Précipitations (cm)	Neige (cm)	Écoulement (cm)
Année hydrologique (de juin à mai)			
1981-1982	112,3	40	70,6
1982-1983	156,1	37	98,5
1983-1984	129,8	49	85,7
1984-1985	121,2	43	74,0
1985-1986	134,0	49	95,3
1986-1987	130,3	37	89,4
1987-1988	124,9	48	70,2
1988-1989	139,5	49	83,2
1989-1990	123,0	45	69,1
Moyenne	**130,1**	**44**	**81,8**
Année civile (de janvier à décembre)			
1981	132,8	70	93,2
1982	120,0	58	69,2
1983	162,2	62	99,9
1984	113,0	69	78,0
1985	128,4	64	82,2
1986	155,1	69	107,2
1987	111,7	64	71,0
1988	136,7	61	84,0
1989	115,4	40	75,7
1990	150,5	52	-
Moyenne	132,6	60	84,5

sulfates et à 19 p.100 du volume de précipitations. Le pH moyen de ces précipitations était de 4,17. En 1988, une telle chose s'est produite onze fois et ces précipitations ont

contribué à 39 p.100 des dépôts atmosphériques de sulfates et à 21 p.100 de la pluie enregistrée pour l'année.

En 1987, sept précipitations ont contribué à 32 p.100 des apports atmosphériques annuels de l'ion hydrogène; en 1988, 35 p.100 des apports atmosphériques annuels de cet ion étaient attribuables à douze précipitations données.

Les autres paramètres des précipitations analysés sont les nitrates (moyenne annuelle de 0,25 mgN/l en 1987 et de 0,34 mgN/l en 1988), l'ion ammonium (moyenne de 0,17 mg/l en 1987 et de 0,23 mg/l en 1988), le calcium, le sodium, les chlorures, le potassium et le magnésium (tableau 6).

Tableau 6 ***Moyennes annuelles pondérées des paramètres analysés pour les précipitations***

Année	pH	H (µg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	NH_4 (mgN/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	NO_3 (mgN/l)
1981	4,56	27,6	0,09	0,01	0,08	0,02	0,13	1,44	0,08	0,20
1982	4,38	41,5	0,07	0,01	0,08	0,02	0,15	1,77	0,17	0,26
1983	4,51	31,1	0,11	0,02	0,06	0,02	0,16	1,40	0,16	0,19
1984	4,35	44,2	0,16	0,02	0,03	0,03	0,20	2,06	0,29	0,30
1985	4,33	46,5	0,09	0,02	0,03	0,02	0,18	1,75	0,10	0,31
1986	4,48	33,1	0,05	0,01	0,02	0,01	0,14	1,15	0,06	0,22
1987	4,48	33,2	0,06	0,01	0,03	0,02	0,17	1,44	0,05	0,25
1988	4,38	41,7	0,10	0,03	0,05	0,02	0,23	1,77	0,09	0,34
Moyenne	**4,43**	**37,4**	**0,09**	**0,02**	**0,05**	**0,02**	**0,17**	**1,60**	**0,13**	**0,26**

De la fin décembre 1987 à la fin de février 1988, la plupart des événements de précipitation contenaient davantage de nitrates que de sulfates. Ce phénomène se produit principalement en hiver.

4.3 Tendances temporelles des ions majeurs

Entre 1981 et 1985, des tests statistiques non-paramétriques ont révélé des tendances à la hausse des concentrations moyennes mensuelles en ion hydrogène et en nitrates dans les précipitations (tableau 7). Par contre, pour la période 1981 à 1988, aucune tendance à la hausse ne ressort pour l'ion hydrogène. Entre 1985 et 1986, la concentration en ion hydrogène est tombée de 46,5 microgrammes par litre (µg/l) à 33,1 µg/l. Cette baisse considérable pourrait expliquer pourquoi on n'observe aucune tendance pour la période 1981 à 1988, alors qu'une tendance à la hausse se manifeste pour les deux périodes (1981-1985 et 1986-1988) prises séparément.

Tableau 7 ***Tendances temporelles des ions majeurs dans les précipitations***

Paramètre	Test	1981-1985	1986-1988	1981-1988
pH	Kendall	Diminution	Diminution	--
NO_3	Kendall saisonnier	Augmentation	Augmentation	Augmentation
SO_4 NH_4	Kendall saisonnier	--	Augmentation	--
Volume	Kendall	--	--	--

Les mêmes tests statistiques non-paramétriques appliqués à la période 1986-1988 montrent qu'il y a eu des tendances à la hausse des concentrations en sulfates, en ion hydrogène, en nitrates et en ion ammonium. Il en résulte que pour la période entière (1981-1988), seule la concentration de nitrates accuse une tendance monotone à la hausse pour l'eau des précipitations recueillie à la station météorologique du lac Laflamme. Les figures 2 et 3 montrent l'évolution temporelle de ces quatres paramètres dans les précipitations.

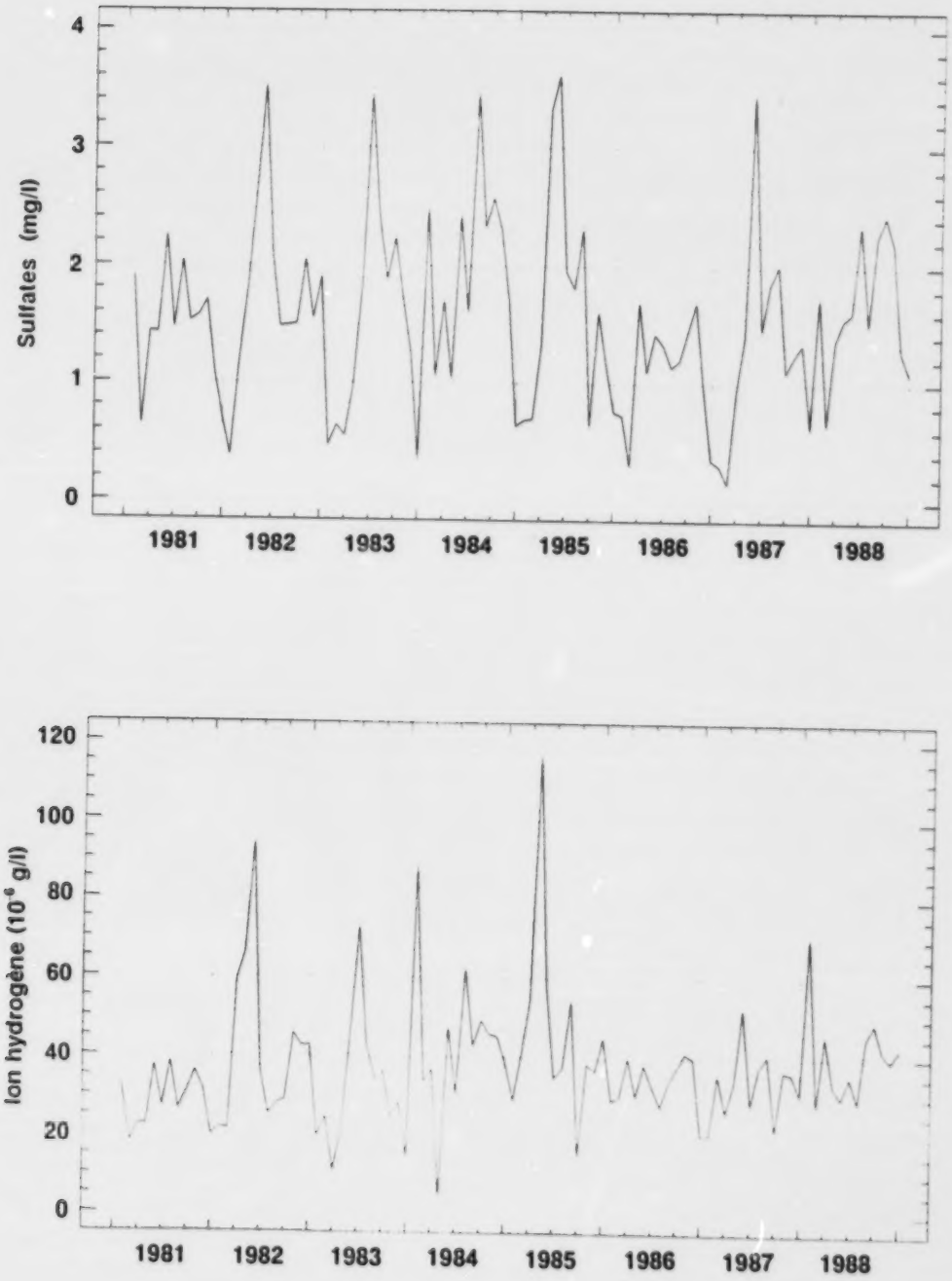


Figure 2 ***Évolution temporelle des concentrations mensuelles en sulfates et en ion hydrogène dans les précipitations (1981 - 1988)***

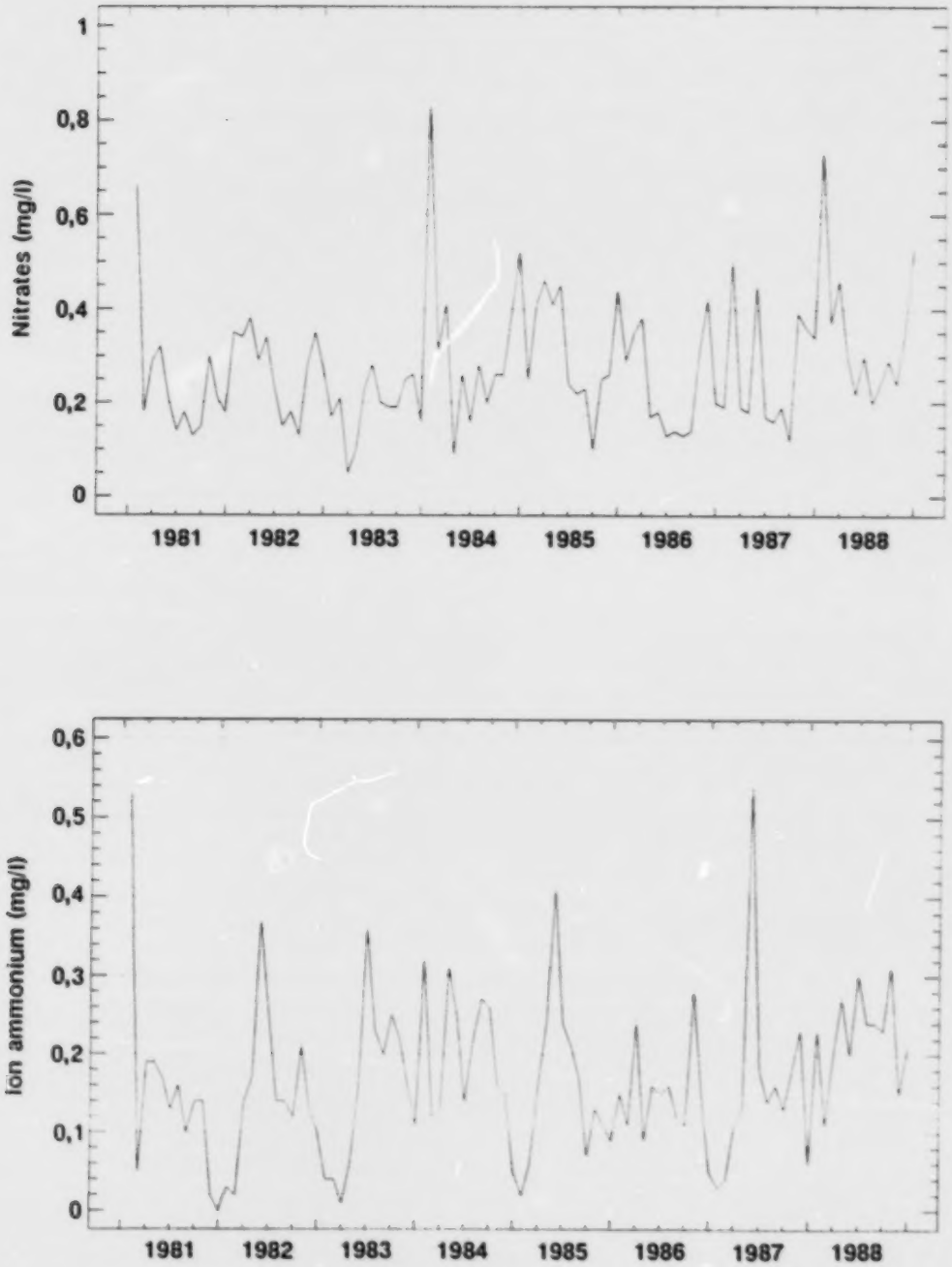


Figure 3 ***Évolution temporelle des concentrations mensuelles en nitrates et en ion ammonium dans les précipitations (1981 - 1988)***

5 LE LAC ET L'EXUTOIRE

5.1 Le volume d'eau

Le niveau du lac a atteint son maximun au mois d'avril, en 1987, et au mois de mai, en 1988 et 1989. C'est toutefois en 1988 qu'il est resté le plus élevé. Au cours de la fonte printanière, le débit à l'exutoire est monté à 0,124 m^3/s le 1er avril 1987, à 0,112 m^3/s le 11 mai 1988, à 0,161 m^3/s le 13 mai 1989 et à 0,149 m^3/s le 1er mai 1990. Comme le montre la figure 4, il y a eu une crue automnale en 1988 et une autre, de moindre importance, en 1989. La hauteur d'eau qui s'est écoulée représentait 71,0 cm (477 dam^3 - décamètres cubes) en 1987, 84,0 cm (574 dam^3) en 1988, et 75,7 cm (514 dam^3) en 1989 (voir tableau 5, p.12).

Le lac Laflamme a été libre de glace du 21 avril au 3 novembre en 1987, du 13 mai au 1er novembre en 1988, du 11 mai au 7 novembre en 1989 et du 15 mai au 30 octobre en 1990. Il y a eu une fonte hâtive en 1987.

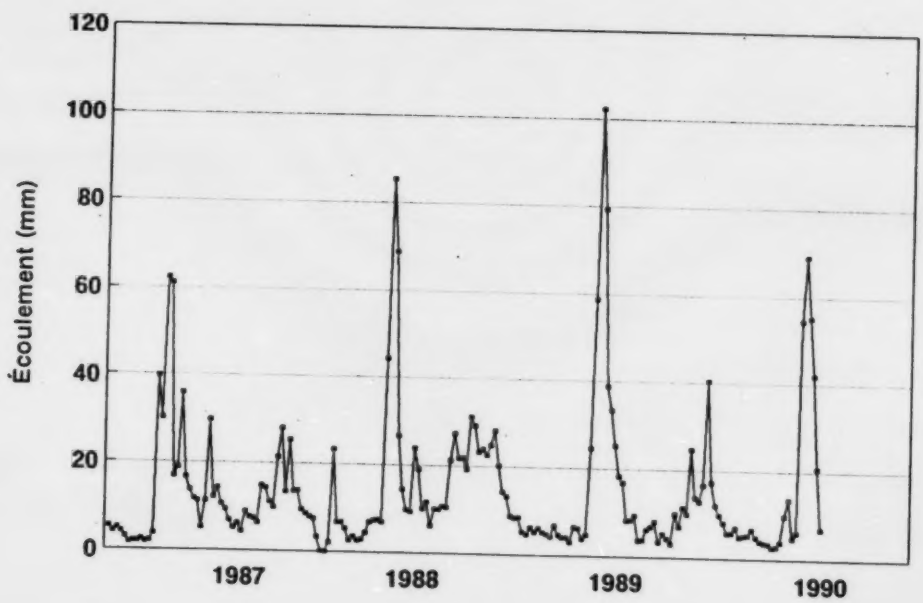


Figure 4 Hydrogramme hebdomadaire de 1987 à mai 1990

5.2 Concentrations des ions

Le pH moyen annuel du lac Laflamme s'est abaissé de 6,7 en 1987 à 6,6 en 1988 et 6,4 en 1989. L'eau du lac est considérée comme peu minéralisée avec une conductivité moyenne de 24 µS/cm pour les neuf dernières années (1981-1989). Pour la période considérée, la couleur de l'eau du lac varie autour de 24 unités Hazen. La plus faible valeur moyenne annuelle a été enregistrée en 1981 (18 unités) et le maximum a été atteint en 1986 avec une valeur de 29 unités. On remarque que les valeurs élevées pour la couleur correspondent aux années de fort débit à l'exutoire.

En terme d'équivalent, l'eau du lac est dominée par l'ion calcium (120,55 microéquivalent par litre (µéq/l), les ions bicarbonates (107,42 µéq/l) et les sulfates (88,30 µéq/l). Les concentrations annuelles moyennes de magnésium, sodium, potassium et de l'ion hydrogène sont respectivement de 43,34 µéq/l, 40,46 µéq/l, 5,39 µéq/l et 0,58 µéq/l. La proportion relative des cations est de 57 p.100 pour le calcium, 21 p.100 pour le magnésium, 19 p.100 pour le sodium, 3 p.100 pour le potassium et 0,2 p.100 pour l'ion hydrogène. La figure 5 présente la composition relative des cations et des anions dans l'eau du lac. On remarque une baisse des bicarbonates entre 1987 (110 µéq/l) et 1989 (100 µéq/l). Les sulfates n'ont pas beaucoup varié: 89 µéq/l en 1987, 91 µéq/l en 1988 pour revenir à 89 µéq/l en 1989. Les nitrates ont par contre augmenté entre 1987 et 1989, passant de 4,6 µéq/l en 1987, à 5,2 µéq/l en 1988, à 6,9 µéq/l en 1989; ils représentent 3 p.100 des anions. La concentration annuelle moyenne de chlorures (11,36 µéq/l) varie peu et représente 5 p.100 des anions. Le sodium et le magnésium ont diminué d'environ 5 µéq/l de 1987 à 1989.

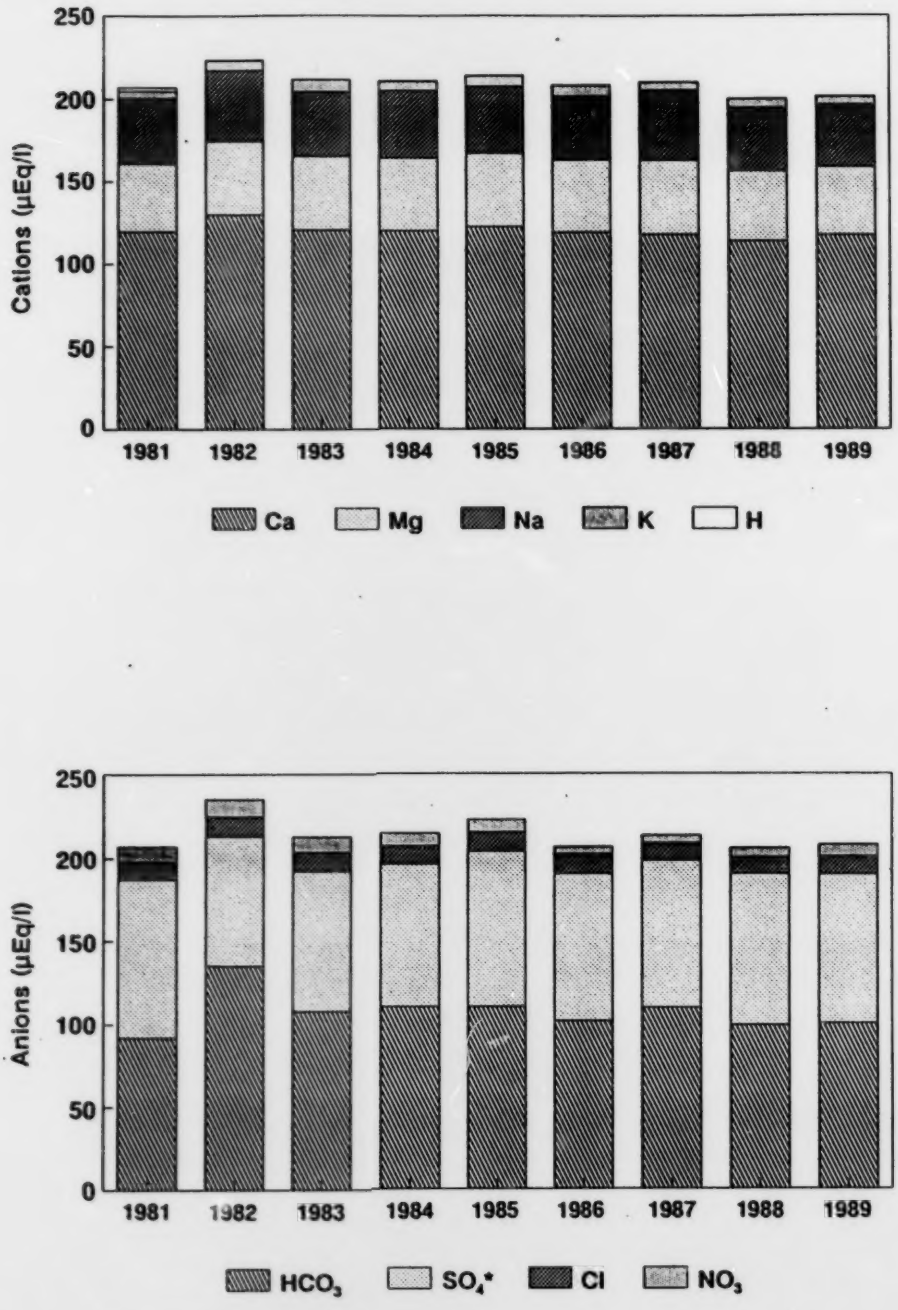
Au cours de la fonte printanière, on remarque que la concentration de l'eau du lac en ion hydrogène augmente d'une année à l'autre. En effet, la concentration moyenne en ion hydrogène pour le mois d'avril 1987 (période de fonte), était de 0,33 µéq/l, et s'est maintenue à cette valeur pendant la fonte de 1988 (mai), puis est passée à 0,52 µéq/l lors de la fonte de 1989 (mai), pour finalement s'élever à 1,01 µéq/l pendant la période de fonte de 1990 (mai). On observe à peu près le même scénario en ce qui concerne la concentration en ion hydrogène à l'exutoire sauf que les valeurs sont plus élevées. La concentration en ion hydrogène à l'exutoire au cours de la fonte

printanière est passée de 0,99 µéq/l en 1987 (avril) à 4,07 µéq/l lors de la fonte de 1990. À l'exutoire, le rapport bicarbonates/sulfates est tombé à 0,38 pendant la fonte printanière de 1990. Il était de 0,51 au printemps 1987, 0,62 au printemps 1988 et 0,44 au printemps 1989.

En ce qui concerne les eaux de surface, une des conséquences du processus d'acidification est le remplacement progressif des bicarbonates par les sulfates. Le rapport bicarbonates/sulfates devient donc un outil intéressant pour évaluer l'état d'acidification d'un écosystème aquatique. Pour le lac, et sur une base annuelle, la concentration de bicarbonates est supérieure à la concentration de sulfates et le rapport reste supérieur à l'unité. Cependant, à certaines périodes de l'année, on observe un phénomène inverse, soit des concentrations de sulfates supérieures à celles en bicarbonates (du 28 avril au 1er septembre 1987, du 25 mai au 9 août en 1988, 30 août au 22 novembre 1988, du 16 mai au 8 août 1989, du 24 octobre au 6 décembre 1989). C'est en 1988 et 1989 que le rapport bicarbonates/sulfates a atteint un minimum. Le tableau 8 montre l'évolution de ce rapport depuis 1982.

Tableau 8 ***Rapport bicarbonates/sulfates pour l'eau du lac et de l'exutoire***

Année	Rapport pour le lac	Rapport pour l'exutoire
1982	1,78	1,57
1983	1,27	1,04
1984	1,31	1,13
1985	1,21	1,04
1986	1,16	0,91
1987	1,25	1,06
1988	1,13	0,87
1989	1,13	0,97



* Valeur estimée pour 1981.

Figure 5 ***Composition relative des cations et des anions dans l'eau du lac (1981 - 1989)***

Les tableaux 9 et 10 montrent les moyennes annuelles des principaux paramètres chimiques de l'eau du lac et de l'exutoire exprimées en mg/l, et l'annexe 3 présente les résultats hebdomadaires pour les années 1987, 1988, 1989 et jusqu'à mai 1990.

Le fer et l'aluminium atteignent des concentrations moyennes de 0,132 mg/l et 0,093 mg/l respectivement, pour la période 1981-1989. Les moyennes annuelles pour l'aluminium en 1987, 1988 et 1989 sont inférieures à ces valeurs. La concentration annuelle moyenne en fer était également inférieure en 1987 et 1988 mais a atteint 0,154 mg/l en 1989. Le manganèse et le zinc sont présents en plus petite quantité avec des concentrations moyennes annuelles de 0,018 mg/l et 0,005 mg/l respectivement.

La composition chimique de l'eau de l'exutoire ressemble à de celle de l'eau provenant des deux premiers mètres du lac. Tout comme l'eau du lac, l'eau de l'exutoire est dominée par le calcium (112,44 µéq/l), les bicarbonates (92,53 µéq/l) et les sulfates (89,19 µéq/l). Par contre, on observe que les sulfates et l'ion hydrogène (0,656 µéq/l) sont en concentrations plus élevées à l'exutoire que dans le lac. Le rapport bicarbonates/sulfates de l'eau de l'exutoire était inférieur à l'unité en 1986, est légèrement remonté au-dessus de l'unité en 1987, pour retomber sous l'unité en 1988 et 1989. Au cours de la période de fonte du printemps 1990, l'alcalinité totale de l'eau de l'exutoire est tombée sous la limite de détection pour la première fois depuis 1981. Cette importante baisse de l'alcalinité provient principalement de l'eau de fonte qui a une très faible alcalinité et qui coule en surface du lac sans se mélanger verticalement ou latéralement pour se déverser à l'exutoire (Roberge *et al.*, 1991).

5.3 Tendances temporelles des ions majeurs

Le tableau 11 montre les tendances monotones détectées dans les paramètres de la qualité de l'eau du lac entre 1981 et 1989. Il n'y a pas de tendances statistiques pour le magnésium, le sodium, le potassium, la conductivité, les chlorures, l'aluminium et le zinc. Leur évolution temporelle est présentée aux figures 6 et 7 en utilisant les moyennes annuelles. Nous n'avons pas tenté d'établir la tendance statistique pour le phosphore et le manganèse à cause du changement apporté à la méthode analytique.

Tableau 9 ***Moyennes annuelles des paramètres chimiques au centre du lac***

Paramètre	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	Moyenne	Écart type	Minimum	Maximum	C.V.(%)
pH	6,38	6,19	6,26	6,33	6,33	6,46	6,68	6,54	6,40	6,37	--	5,6	7,0	-
H (ug/l)	0,42	0,65	0,55	0,47	0,47	0,35	0,21	0,29	0,40	0,42	0,64	0,10	2,5	-
Ca (mg/l)	2,39	2,60	2,42	2,40	2,45	2,38	2,36	2,32	2,35	2,41	0,45	1,3	3,7	19
Mg (mg/l)	0,50	0,54	0,54	0,53	0,54	0,53	0,55	0,53	0,49	0,53	0,10	0,26	0,8	18
Na (mg/l)	0,92	0,99	0,90	0,95	0,94	0,89	0,99	0,91	0,87	0,93	0,19	0,4	1,6	20
K (mg/l)	0,16	0,22	0,28	0,22	0,23	0,25	0,18	0,20	0,18	0,21	0,10	0,04	1,0	43
Cl (mg/l)	0,36	0,44	0,42	0,40	0,43	0,42	0,38	0,37	0,39	0,40	0,09	0,1	0,8	24
SO_4 (mg/l)	3,92	3,74	4,05	4,12	4,49	4,26	4,27	4,36	4,30	4,19	0,48	2,3	6,1	11
P (mg/l)	---	---	---	---	---	---	---	---	0,011	0,011	0,003	0,005	0,018	--
NO_3 (mg/l)	0,12	0,14	0,13	0,11	0,10	0,06	0,07	0,07	0,10	0,10	0,11	<0,01	0,52	110
Alcalinité (mg/l)	4,58	6,75	5,39	5,50	5,50	5,07	5,46	5,05	5,00	5,37	1,79	1,08	10,1	33
Conduc. (µS/cm)	20	28	24	22	26	24	25	23	00	24	5	14	36	20
Couleur*	18	24	27	23	21	29	24	28	25	24	8	6	69	35
Al (mg/l)	0,098	0,119	0,069	0,072	0,110	0,109	0,081	0,091	0,084	0,093	0,040	0,028	0,297	43
Mn (mg/l)	0,027	0,015	-	0,014	0,015	0,022	0,017	0,016	0,024	0,018	0,014	0,002	0,080	78
Zn (mg/l)	0,006	0,003	0,004	0,004	0,006	0,006	0,005	0,005	0,006	0,005	0,002	<0,001	0,017	40
Fe (mg/l)	0,112	0,111	0,126	0,133	0,142	0,142	0,129	0,129	0,154	0,132	0,060	0,014	0,440	45

* Couleur exprimée en unités Hazen.
Les valeurs moyennes des concentration de H et du pH de 1981 sont calculées pour les mois de mai à décembre.

Tableau 10 ***Moyennes annuelles des paramètres chimiques à l'exutoire du lac***

Paramètre	1981*	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	Moyenne	Écart type	Minimum	Maximum	C.V.(%)
pH	6,29	6,09	6,04	6,20	6,15	6,36	6,55	6,43	6,21	6,23	--	5,0	7,0	-
H (ug/l)	0,52	0,82	0,91	0,63	0,70	0,44	0,28	0,37	0,62	0,59	1,05	0,10	10,0	---
Ca (mg/l)	2,15	2,45	2,21	2,26	2,44	2,19	2,16	2,13	2,18	2,25	0,45	0,8	3,8	20
Mg (mg/l)	0,44	0,50	0,47	0,49	0,52	0,49	0,47	0,47	0,44	0,48	0,10	0,1	0,8	21
Na (mg/l)	0,84	0,96	0,83	0,88	0,91	0,83	0,90	0,85	0,81	0,87	0,20	0,1	1,4	23
K (mg/l)	0,15	0,20	0,28	0,17	0,22	0,22	0,14	0,17	0,15	0,19	0,10	<0,01	1,5	54
Cl (mg/l)	0,29	0,46	0,42	0,37	0,38	0,38	0,33	0,34	0,32	0,37	0,09	0,1	1,0	26
SO_4 (mg/l)	3,78	3,79	4,14	4,22	4,81	4,36	4,32	4,48	4,33	4,29	0,63	3,0	9,6	15
P (mg/l)	---	---	---	---	---	---	---	---	0,009	0,009	0,002	0,004	0,013	--
NO_3 (mg/l)	0,10	0,14	0,12	0,10	0,09	0,07	0,05	0,07	0,08	0,09	0,11	<0,01	0,45	114
Alcalinité (mg/l)	3,80	5,92	4,51	4,82	5,08	4,24	4,67	4,01	4,37	4,63	2,00	0,04	10,4	43
Conduc. (µS/cm)	17	26	23	21	25	22	23	22	21	22	5	12	40	23
Couleur**	20	25	27	23	20	28	25	28	25	24	8	7	71	34
Al (mg/l)	0,100	0,129	0,078	0,075	0,123	0,124	0,095	0,096	0,087	0,101	0,044	0,039	0,337	44
Mn (mg/l)	0,022	0,017	-	0,018	0,023	0,023	0,020	0,019	0,022	0,021	0,016	0,003	0,070	76
Zn (mg/l)	0,005	0,003	0,004	0,003	0,005	0,004	0,004	0,004	0,003	0,004	0,002	<0,001	0,011	45
Fe (mg/l)	0,096	0,119	0,109	0,112	0,146	0,117	0,133	0,121	0,152	0,124	0,066	0,021	0,402	53

* Mars à décembre seulement pour tous les paramètres sauf H et pH. Les valeurs moyennes des concentrations de H et du pH de 1981 sont calculées pour les mois de mai à décembre.

** Couleur exprimée en unités Hazen.

Tableau 11 ***Tendances temporelles des séries chronologiques des paramètres de l'eau du lac et de l'exutoire (1981 à 1989)***

Paramètre	Saisonnalité	Test utilisé	Tendance
pH	Oui	Hirsch et Slack	À la hausse
SO_4	Non	Spearman/Lettenmaier	À la hausse
NO_3	Oui	Hirsch et Slack	À la baisse
Ca	Oui	Hirsch et Slack	À la baisse
Alcalinité Gran	Oui	Kendall saisonnier	À la baisse
Couleur	Oui	Kendall saisonnier	À la hausse
Fe	Oui	Kendall saisonnier	À la hausse

Les séries temporelles des paramètres de la qualité de l'eau du lac Laflamme sont étudiées en tenant compte de leurs caractéristiques (périodicité et persistance). Le choix des tests appropriés pour une série temporelle donnée a été étudié par Berryman *et al.* (1988).

5.3.1 Le pH.- On détecte une tendance à la hausse dans la série de pH de l'eau du lac et de l'exutoire pour la période 1981 à 1989. Le pH du lac Laflamme était bas (<6) au printemps 1981, accusait une hausse jusqu'en 1987 pour redescendre à la valeur de 6,40 en 1989. La médiane du pH pour la période de janvier 1981 à mai 1990 est de 6,40. À ce niveau, il semble que le pH de l'eau du lac ne réagit pas encore aux processus d'acidification établis. Bien que l'élévation du pH en 1986 et 1987 concorde avec une période où il y a eu une légère diminution des charges atmosphériques en ion hydrogène, on n'observe pas de réaction directe aux charges atmosphériques pour la période 1982 à 1986. La capacité du bassin versant à neutraliser les acides semble être suffisante pour maintenir le pH. L'évolution temporelle du pH est présentée à la figure 8.

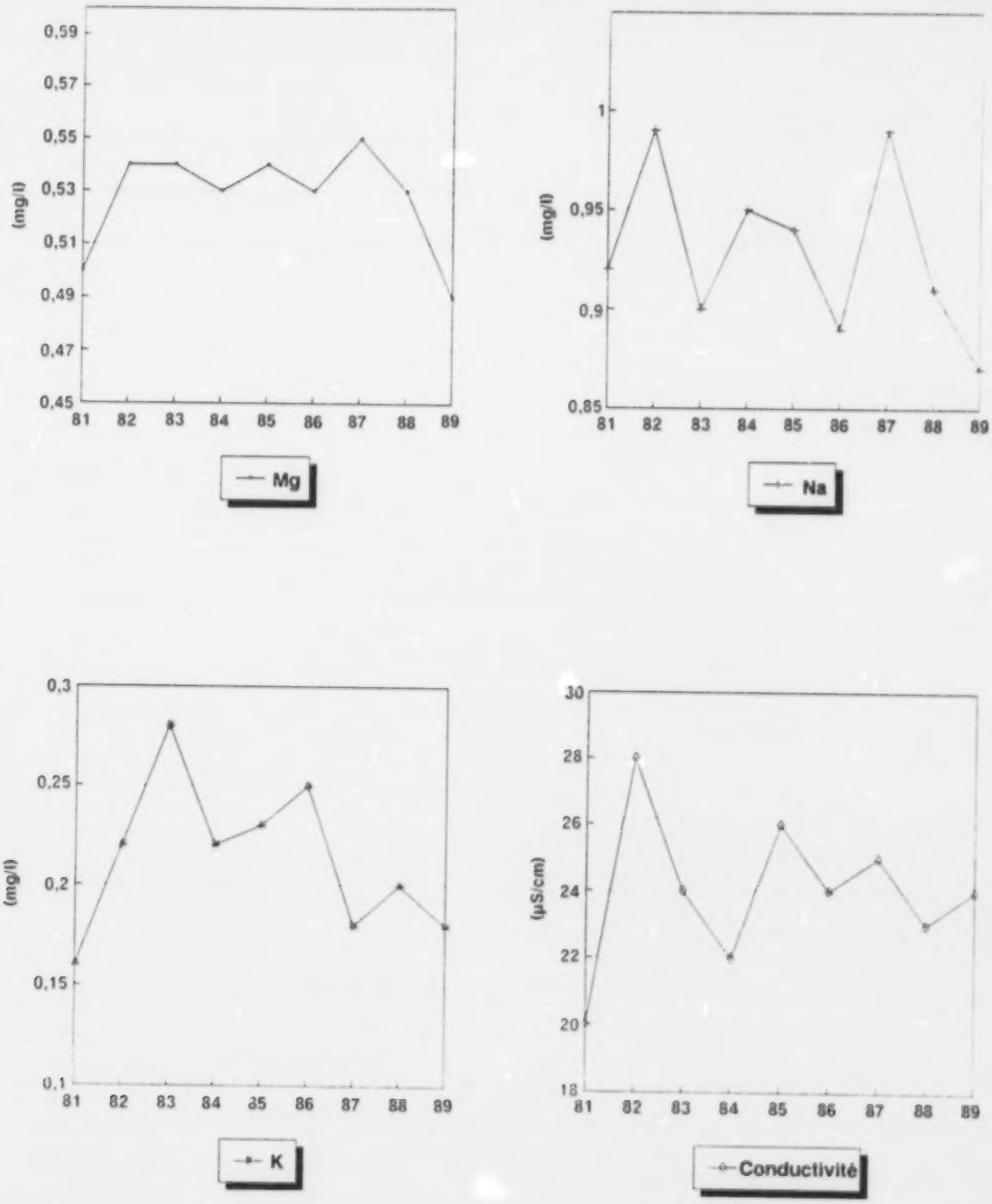


Figure 6 ***Concentrations moyennes annuelles en magnésium, sodium, potassium et conductivité moyenne annuelle de l'eau du lac (1981 - 1989)***

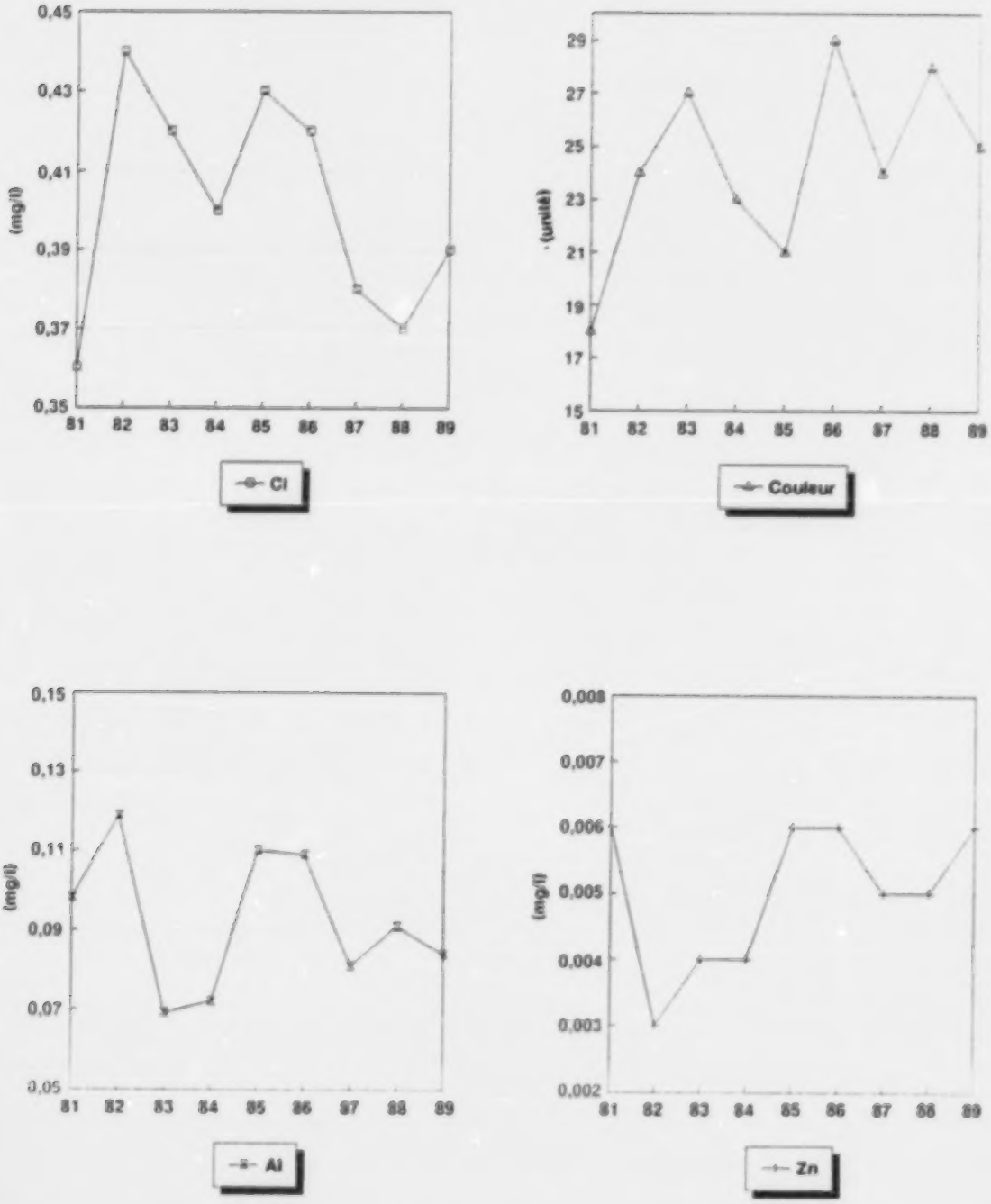


Figure 7 ***Moyennes annuelles de la couleur et des concentrations en chlorures, aluminium et zinc de l'eau du lac (1981 - 1989)***

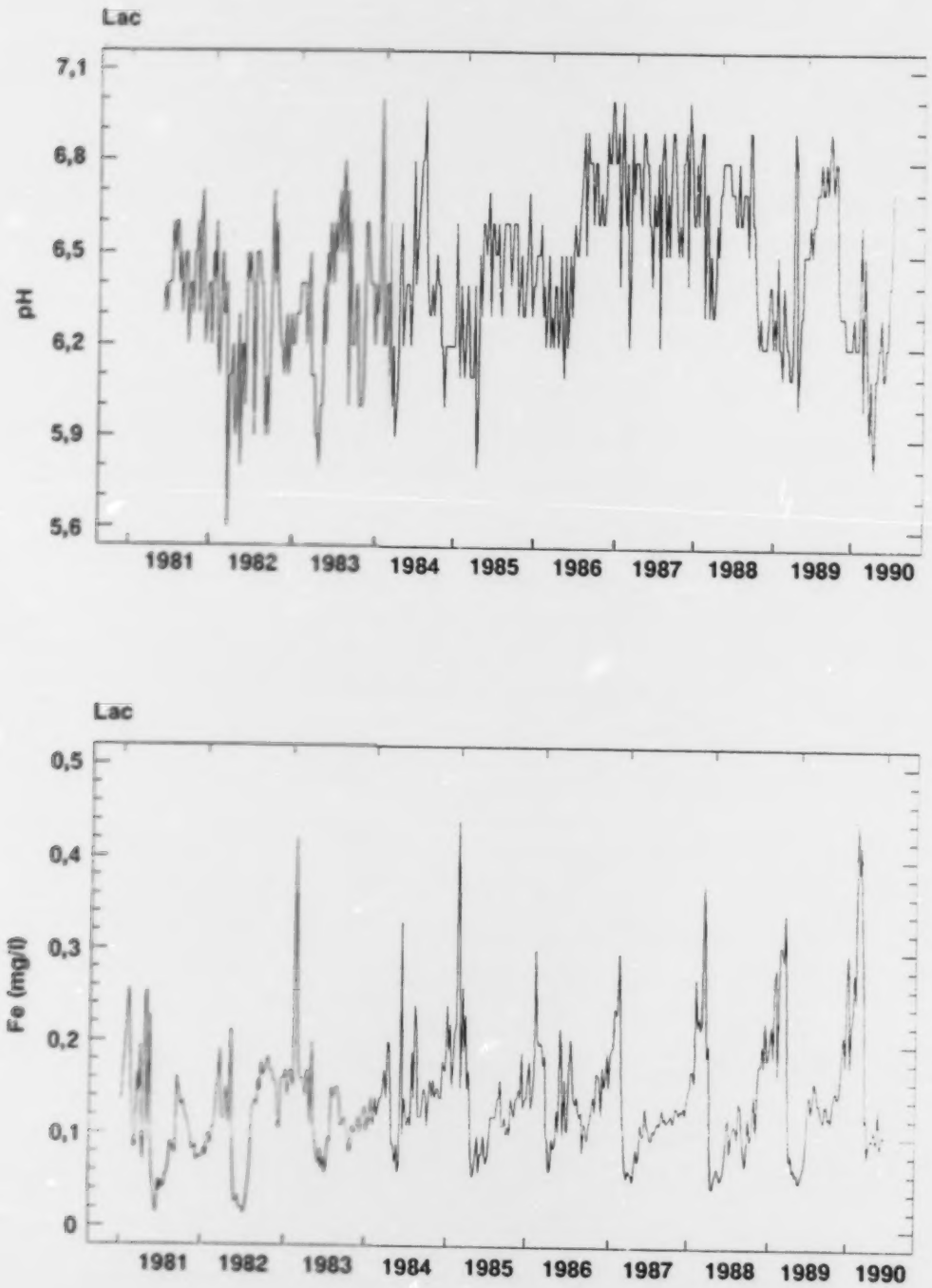


Figure 8 ***Évolution temporelle du pH et des concentrations en fer de l'eau du lac (janvier 1981 - mai 1990)***

5.3.2 Les sulfates.- Une tendance monotone à la hausse a été détectée dans les concentrations de sulfates dans l'eau du lac et de l'exutoire pour la période juillet 1981 à décembre 1989. Cette tendance à la hausse, détectée pour l'intervalle juillet 1981 à décembre 1985, se maintenait en 1989. La baisse enregistrée en 1986 et 1987 n'était pas assez importante pour renverser ou annuler cette tendance. Une explication possible serait que le bassin versant du lac Laflamme a reçu des charges atmosphériques de sulfates élevées par rapport à la capacité du système. Une autre explication possible serait que les anions sulfates adsorbés dans le système depuis plusieurs décennies soient relargués à des taux différents selon les conditions chimiques du système.

Les lacs de l'est du Canada semblent réagir assez directement aux dépôts de sulfates. Pour une série de lacs de l'est du Canada, le coefficient de corrélation entre les dépôts de sulfates sur le bassin versant et les concentrations de sulfates dans le lac est de 0,92 (RMCC, 1990). La figure 9 montre l'évolution temporelle des sulfates au lac Laflamme sur un pas de temps hebdomadaire, pour la période de juillet 1981 à mai 1990.

5.3.3 Les nitrates.- Bien que la concentration de nitrates dans les précipitations soit à la hausse, celle de l'eau du lac et de l'exutoire est à la baisse. Dupont et Grimard (1987) ont observé qu'à l'échelle du Québec, la distribution des concentrations de nitrates dans les lacs différait de celle observée dans les précipitations. Cette absence de relation directe pourrait s'expliquer par une interférence au niveau du bassin versant. Les nitrates sont assimilés par le biota et tant qu'un seuil de saturation en azote n'est pas atteint à l'intérieur du bassin, il serait impossible d'établir une relation directe entre ce que reçoit le bassin et ce qui est observé dans le lac (Dupont, 1989). La figure 9 montre l'évolution temporelle des concentrations de nitrates dans le lac pour la période s'échelonnant de janvier 1981 à mai 1990.

5.3.4 L'alcalinité et le calcium.- L'alcalinité et le calcium sont des paramètres associés à la sensibilité de l'écosystème aquatique à l'acidification. Ces paramètres ont des cycles saisonniers avec des concentrations élevées en hiver. Durant l'hiver, la recharge du lac se fait principalement par les eaux souterraines fortement chargées en calcium et

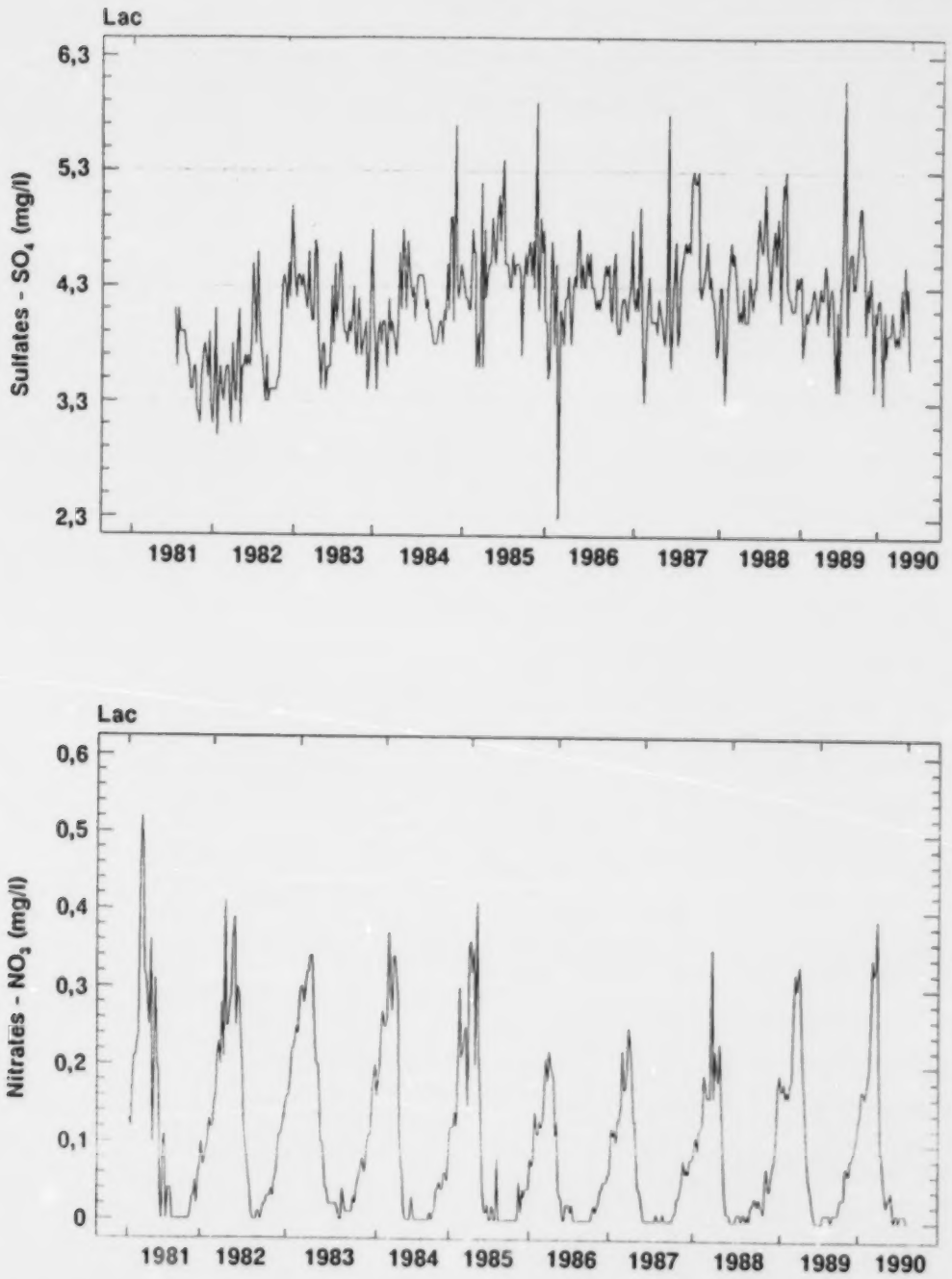


Figure 9 ***Évolution temporelle des concentrations en sulfates (juillet 1981 - mai 1990) et en nitrates (janvier 1981 - mai 1990) de l'eau du lac***

autres minéraux du fait de leur séjour dans les dépôts meubles du bassin versant. Les valeurs de ces deux paramètres s'abaissent sous l'influence d'importants apports d'eau comme la fonte printanière ou les pluies automnales (phénomène de dilution ou de neutralisation dans le cas de l'alcalinité).

On détecte une tendance monotone à la baisse de l'alcalinité et des concentrations de calcium pour l'eau du lac et de l'exutoire pour l'intervalle 1981-1989. Une telle tendance ressort également pour l'alcalinité entre 1981 et 1985. La figure 10 montre l'évolution temporelle de l'alcalinité Gran et du calcium sur une base hebdomadaire pour la période de janvier 1981 à mai 1990.

5.3.5 La couleur.- La série de données sur la couleur de l'eau du lac peut se diviser en deux parties: entre 1981 et 1985, on observe une tendance à la baisse mais à partir de 1986, les valeurs ont augmenté et une tendance à la hausse ressort pour l'ensemble de la période (1981 à 1989). Dans le processus d'acidification, la valeur de ce paramètre a tendance à diminuer avec le pH du plan d'eau. La couleur de l'eau est attribuable à la présence de minéraux naturels tels le fer et le manganèse et à des matières organiques comme les substances humiques, les tannins et les lignines. On note des valeurs élevées lors de fort ruissellement. Lorsque l'intensité des précipitations augmente, l'eau ruisselle sur le plancher forestier en se chargeant de matière organique plutôt que de percoler dans le sol. La figure 7 montre l'évolution temporelle des moyennes annuelles de la couleur de l'eau du lac.

5.3.6 Le fer.- Pour l'ensemble de la période couverte par l'étude soit de 1981 à 1989, on détecte une tendance à la hausse des concentrations de fer dans l'eau du lac et de l'exutoire. Toutefois, un changement de laboratoire effectué en 1983 nous oblige à tester la série temporelle des concentrations en fer pour la période de 1983 à 1989. Si l'on considère la série temporelle des concentrations de fer à partir de 1983 seulement (soit l'année où l'on a changé de laboratoire), les tendances à la hausse observées auparavant disparaissent. On ne peut dans ce cas conclure que les tendances à la hausse des concentrations de fer dans l'eau du lac et de l'exutoire pour la période de 1981 à 1989 sont dues à de plus forts apports atmosphériques ou terrestres de fer.

Cette tendance à la hausse pourrait être attribuable au transfert de laboratoire survenu en 1983. En effet, les résultats d'analyse du laboratoire avec lequel on traitait en 1981 et 1982 donnaient des valeurs sensiblement plus basses que celles obtenues par le laboratoire chargé des analyses à partir de 1983. Les tableaux 9 et 10 nous permettent de comparer les concentrations de fer au cours des années 1981 à 1989. La figure 8 montre l'évolution temporelle des concentrations de fer de l'eau du lac pour la période de 1981 à mai 1990.

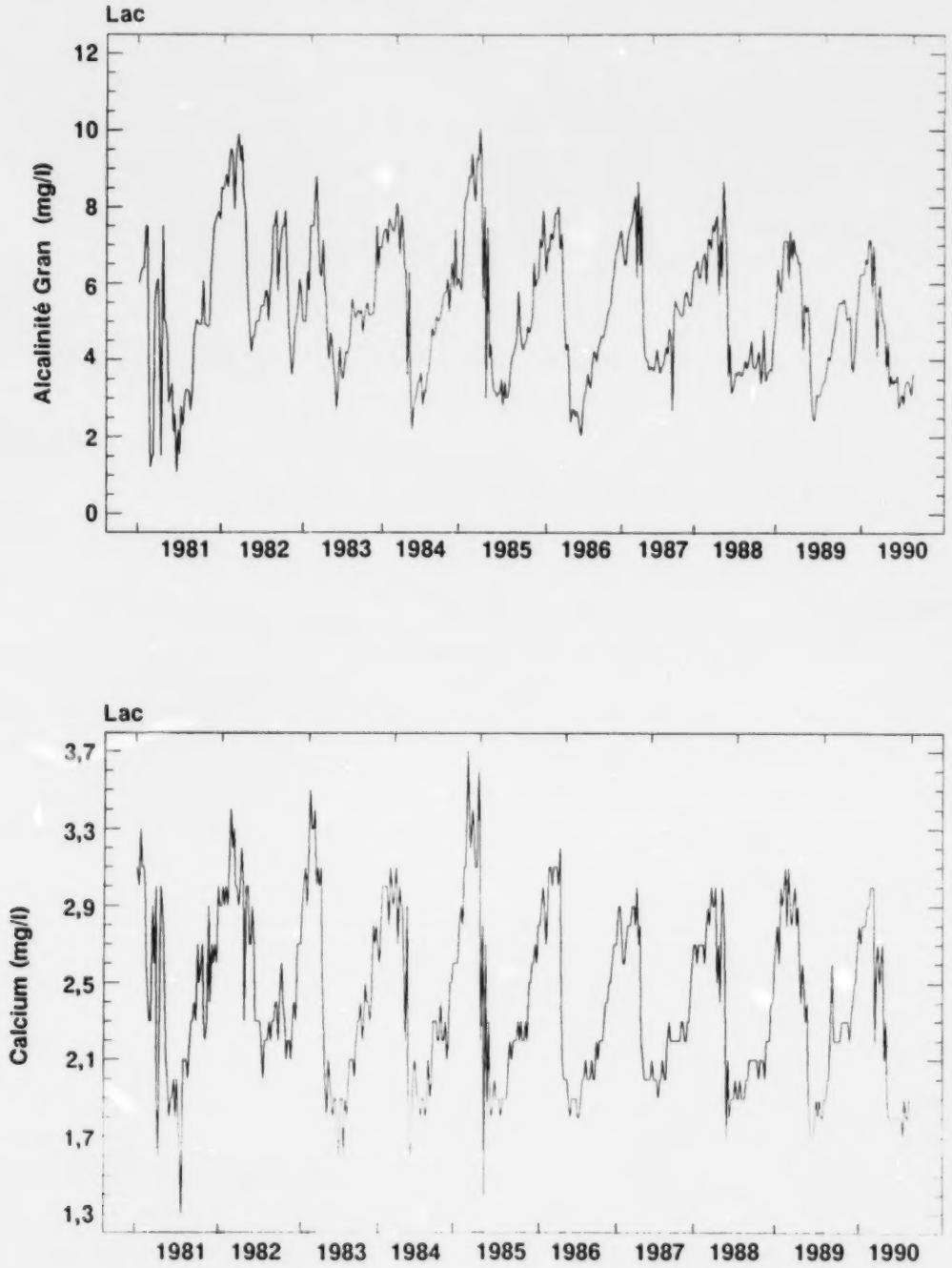


Figure 10 *Évolution temporelle de l'alcalinité Gran et des concentrations en calcium de l'eau du lac (1981 - mai 1990)*

6 BILAN HYDROLOGIQUE ET CHIMIQUE

6.1 Bilan hydrologique

La figure 11 montre le bilan d'eau par année hydrologique, c'est-à-dire les précipitations reçues par le bassin versant par rapport au débit à l'exutoire. Pour l'année hydrologique 1987-1988, le bassin versant a reçu 1,25 m de précipitations par rapport à un écoulement totalisant 0,7 m (56 p.100). En 1988-1989, la hauteur de précipitation était de 1,4 m pour un débit d'eau de 0,8 m (60 p.100). Finalement, pour l'année hydrologique 1989-1990, la hauteur de précipitation était de 1,3 m et le débit, de 0,7 m (55 p.100).

Entre janvier 1987 et mai 1990, le débit à l'exutoire représentait 125,5 p.100 des précipitations au printemps (mars, avril, mai), 44 p.100 en été (juin, juillet, août), 49 p.100 en automne (septembre, octobre, novembre) et 30 p.100 en hiver (décembre, janvier, février).

6.2 Bilan chimique

6.2.1 Les apports atmosphériques.- Le tableau 12 montre les charges annuelles pour les paramètres de qualité des précipitations reçues dans le bassin versant du lac Laflamme. En 1987, les charges atmosphériques ont atteint des minima pour les sulfates, les nitrates et l'ion hydrogène. En 1988, par contre, on observe des augmentations considérables des dépôts atmosphériques pour tous les paramètres et des maxima pour les sulfates et les composés azotés (nitrates et ion ammonium). La hauteur de précipitation ne peut expliquer qu'en partie ces dépôts élevés. Le tableau 6 montre en effet que les concentrations de sulfates et de composés azotés dans les précipitations de 1988 ont aussi augmenté.

De plus, si on considère l'année 1986 où les précipitations ont atteint la hauteur considérable de 1,551 m, la charge atmosphérique pour la majorité des éléments (sulfates, nitrates, chlorures, calcium, sodium, potassium et magnésium) était inférieure à la moyenne calculée pour la période 1981 à 1988.

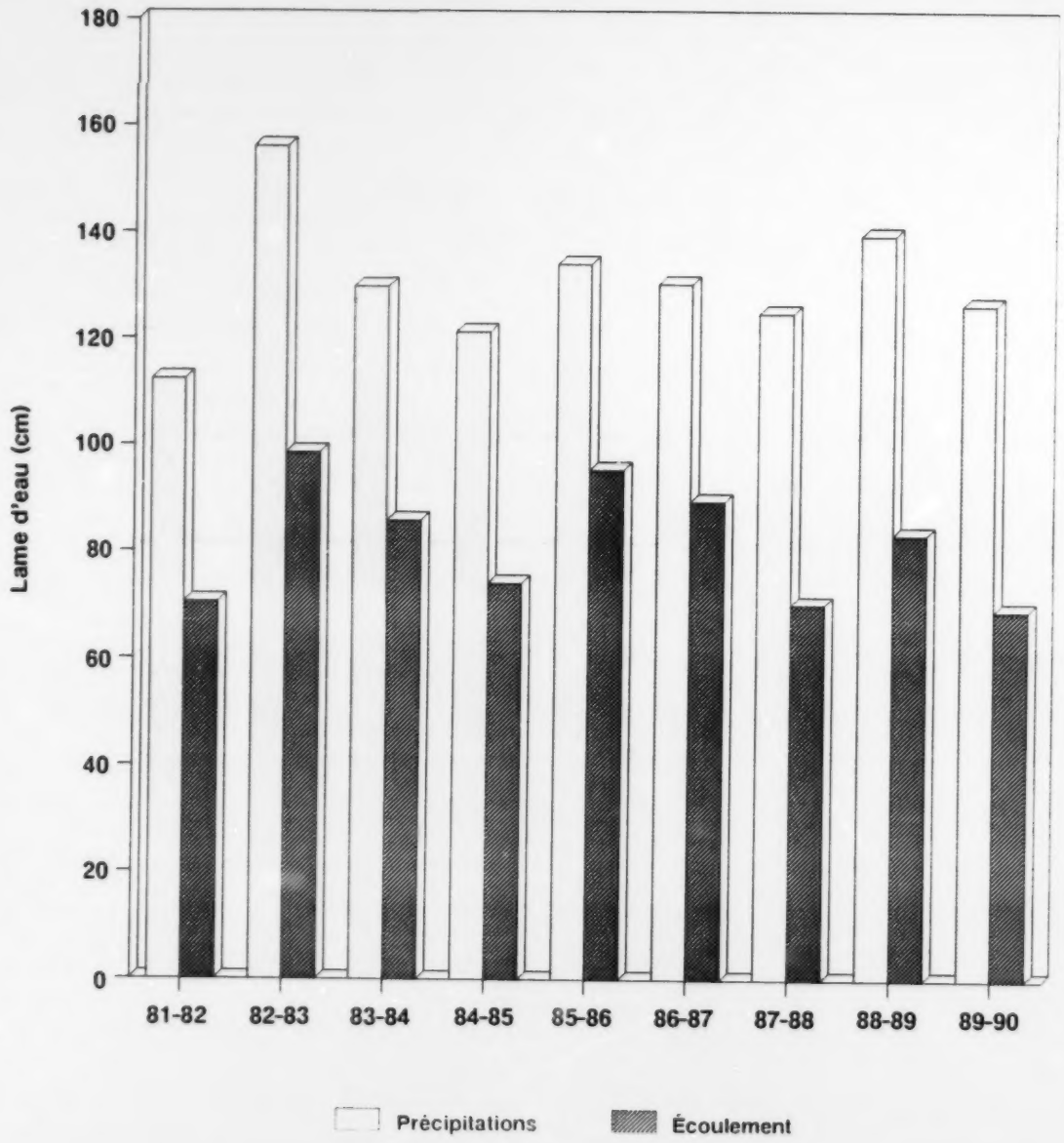


Figure 11 ***Bilan hydrologique du bassin versant du lac Laflamme par année hydrologique***

Tableau 12 ***Charges annuelles pour les paramètres de qualité des précipitations analysés au lac Laflamme (kg/ha)***

Année	Hauteur de précipitation (m)	SO_4	$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NH_4$	Cl	Ca	Na	H^+	K	Mg
1981	1,37	19,4	2,91	1,77	1,12	1,25	1,22	0,38	0,27	0,19
1982	1,24	21,1	3,36	1,74	2,11	0,93	1,07	0,50	0,22	0,13
1983	1,67	24,0	3,17	2,44*	2,94*	1,91	0,77*	0,52	0,39	0,26
1984	1,16	23,2	3,66	2,27	1,99*	1,55*	0,71*	0,51	0,30	0,27
1985	1,32	23,1	4,12	2,32	1,35	1,15	0,39	0,62	0,21	0,21
1986	1,60	18,4	3,49	2,30	0,90	0,83	0,34	0,53	0,20	0,19
1987	1,15	16,5	2,86	2,01	0,60	0,68	0,29	0,38	0,21	0,14
1988	1,41	24,6	4,73	3,20	1,19	1,39	0,62	0,58	0,30	0,35
Moyenne	**1,37**	**21,2**	**3,54**	**2,26***	**1,52***	**1,21***	**0,68***	**0,50**	**0,26**	**0,22**

* Résultats partiels lorsque moins de 50 p.100 de la hauteur de précipitation ont été analysés.

En moyenne, les apports atmosphériques reçus au lac Laflamme entre 1981 et 1988 sont de 21,2 kg/ha/an pour les sulfates, 3,54 kgN/ha/an pour les nitrates, 2,26 kgN/ha/an pour l'ion ammonium et 0,50 kg/ha/an pour l'ion hydrogène.

Pour 1987, les mois où les charges atmosphériques en ion hydrogène ont été les plus élevées sont juin (0,043 kg/ha), juillet (0,045 kg/ha), octobre (0,049 kg/ha) et novembre (0,041 kg/ha). En 1988, c'est en janvier, août, septembre et octobre que les valeurs les plus élevées ont été enregistrées avec respectivement 0,069 kg/ha, 0,084 kg/ha, 0,067 kg/ha et 0,069 kg/ha. Pour les sulfates, les valeurs maximun ont été enregistrées en mai (2,54 kg/ha), juin (2,19 kg/ha) et juillet (2,25 kg/ha) en 1987, et au mois d'août (4,15 kg/ha), septembre (3,34 kg/ha) et octobre (3,65 kg/ha), en 1988. Les maxima dans les dépôts de nitrates ont été atteints au mois d'octobre

(0,51 kg/ha) en 1987 et au mois de janvier (0,69 kg/ha) en 1988. Pour l'ion ammonium, le maximum correspond au mois de mai, en 1987, avec 0,40 kg/ha et au mois d'octobre, en 1988, avec 0,61 kg/ha (annexe 4).

6.2.2 Les exportations à l'exutoire.- En 1989, les exportations à l'exutoire pour l'alcalinité, le calcium, le sodium, le magnésium et les chlorures ont atteint leur minimum pour la période 1981-1989. Les exportations de sulfates, sans atteindre un minimum, étaient basses; elles totalisaient 27,5 kg/ha pour l'année par rapport à la moyenne de 34,6 kg/ha pour les huit années considérées (1982-1989). C'est en 1987 que les exportations de potassium (0,99 kg/ha), de nitrates (0,43 kgN/ha), de manganèse (0,11 kg/ha) et de l'ion hydrogène (0,003 kg/ha) étaient les plus basses par rapport à la période 1981-1989. En 1988, les exportations en ce qui concerne l'alcalinité, les cations majeurs, les chlorures, l'aluminium et le fer se situent près de la moyenne annuelle calculée pour la période 1981 à 1989. Par rapport à 1987 et 1989, par contre, on a enregistré en 1988 les plus hautes valeurs d'exportations, sauf pour les nitrates, le manganèse, le zinc et l'ion hydrogène.

Les exportations pour plusieurs paramètres reflètent beaucoup les variations du débit et il faut s'attendre donc à des valeurs élevées dans les exportations à l'exutoire durant la fonte printanière. Ainsi, en 1987, 68 p.100 de la charge annuelle de l'ion hydrogène a été exportée au cours des mois d'avril et mai (annexe 5). En 1989, ce pourcentage est monté à 86 p.100. Durant le printemps 1990, les exportations de l'ion hydrogène à l'exutoire atteignaient 0,0092 kg/ha, par rapport à 0,0083 kg/ha en 1989, et 0,0023 kg/ha en 1987. La moyenne des exportations pour le mois de mai calculée à partir des neuf années où les données printanières sont disponibles, est de 0,0066 kg/ha.

En moyenne, pour les années 1987 à 1989, 68 p.100 de la charge de nitrates a été exportée au cours des mois d'avril et mai. Pour le calcium et l'alcalinité, le pourcentage d'exportation durant les mois d'avril et mai par rapport à l'exportation annuelle varie entre 25 p.100 et 37 p.100.

Tableau 13 ***Charges annuelles exportées à l'exutoire du lac Laflamme (en kg/ha)***

Paramètre	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
SO_4	-	26,80	38,82	34,18	38,21	43,59	30,64	37,23	27,45
Alcalinité	28,75	31,37	33,44	25,45	29,87	31,29	27,03	27,47	20,40
Ca	19,57	15,74	18,07	15,03	16,72	20,23	14,04	16,49	12,18
Na	6,94	5,82	6,50	5,74	6,12	7,29	5,81	6,43	4,42
Mg	3,93	3,06	3,59	3,23	3,46	4,46	3,10	3,59	2,36
Cl	2,91	3,13	4,21	2,92	3,19	4,15	2,39	2,98	2,03
K	1,53	1,55	4,38	1,16	2,00	2,74	0,99	1,36	1,06
NO_3	1,59	1,21	1,14	0,92	0,90	0,59	0,43	0,48	0,58
Al	1,07	1,08	0,83	0,65	1,11	1,42	0,87	0,88	0,71
Fe	0,84	0,80	1,09	0,89	0,98	1,07	0,81	0,97	0,93
Mn	0,21	0,13	0,24	0,15	0,19	0,27	0,11	0,14	0,14
Zn	0,04	0,02	0,04	0,03	0,05	0,05	0,03	0,03	0,02
H	0,020	0,011	0,024	0,010	0,010	0,009	0,003	0,004	0,009

Des tendances temporelles dans les charges exportées du bassin pour la période de 1981 à mai 1990 ont été détectées pour l'ion hydrogène, l'alcalinité et les nitrates. Ces tendances sont toutes à la baisse. La tendance à la baisse pour les charges d'alcalinité s'enligne sur la tendance à la baisse dans la concentration de cette variable, observée pour l'eau du lac et à l'exutoire. Les exportations à la baisse de l'ion hydrogène pourraient s'expliquer par le fait que cet ion est de plus en plus retenu dans le bassin. Finalement, les exportations à la baisse des nitrates sont possiblement dues à l'assimilation accrue de cet élément par le biote du bassin versant.

Tableau 14 ***Tendances temporelles des concentrations et des charges exportées à l'exutoire du lac Laflamme (1981 - 1989)***

Paramètre	Tendance dans les teneurs	Tendances dans les charges
H^+	À la baisse (HS)	À la baisse (KS)
Alcalinité	À la baisse (HS)	À la baisse (HS)
NO_3	À la baisse	À la baisse (HS)
Volume d'eau	Aucune (HS)	

Tests statistiques appliqués: HS = Hirsch et Slack; KS = Kendall saisonnier.

6.2.3 Bilans annuels.- Sur une base annuelle, les nitrates et l'ion hydrogène sont retenus dans le bassin c'est-à-dire que les apports atmosphériques sont supérieurs aux exportations à l'exutoire. Pour les nitrates, seulement 15 p.100 des charges atmosphériques reçues en 1987 ont été évacuées à l'exutoire (figure 12). En 1988, cette proportion était tombée à 10 p.100. La charge de l'ion hydrogène exportée à l'exutoire représente moins de 1 p.100 des dépôts dus aux précipitations sur le bassin en 1987 et 1988.

Dans le cas des sulfates, les charges exportées à l'exutoire sont plus grandes que les dépôts humides (figure 12). Les dépôts de sulfates représentent respectivement 54 p.100 et 66 p.100 des charges exportées à l'exutoire en 1987 et 1988. Les sulfates sont considérés comme un élément plus conservatif que d'autres éléments du milieu comme par exemple les nitrates ou l'ion hydrogène. La différence entre les apports et les exportations pourrait s'expliquer en partie par des apports non mesurés tels les dépôts secs.

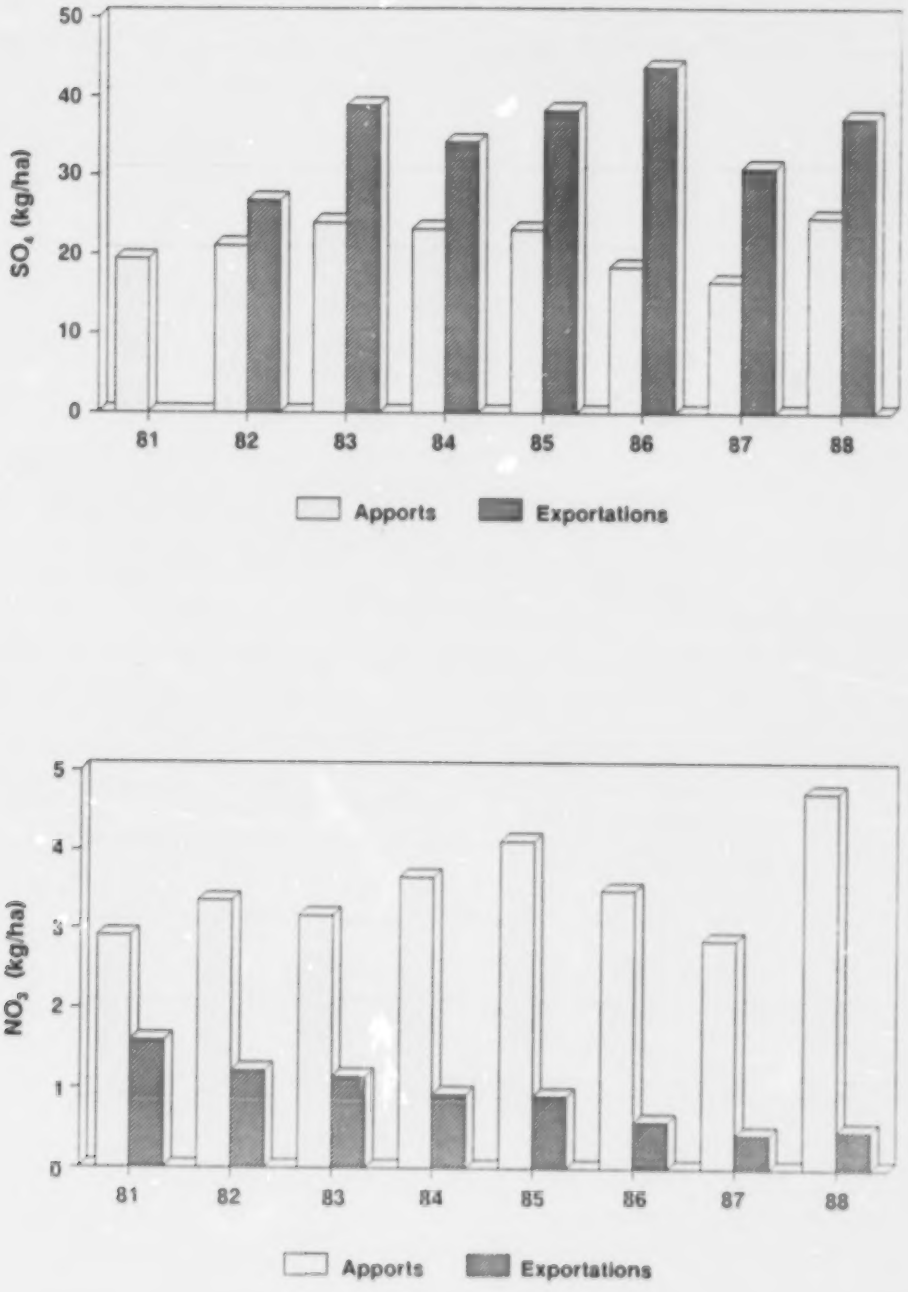


Figure 12 Bilan ionique annuel des sulfates et des nitrates

Les chlorures sont aussi considérés comme un élément conservatif sur une base annuelle. Dans le cas présent, les exportations sont comme pour les sulfates plus élevées que le dépôt atmosphérique et des apports non mesurés (p. ex., dépôts secs) pourraient expliquer l'écart.

Les cations majeurs provenant essentiellement de l'altération du till glaciaire, sont en grande partie lessivés du système (figure 13). En effet, pour 1987, les apports atmosphériques de calcium, de magnésium et de sodium représentent à peine 5 p.100 des exportations à l'exutoire. Pour le potassium, ce pourcentage monte à 15 p.100. Les chiffres pour 1988 sont plus élevés: les exportations à l'exutoire représentaient 11 p.100 des apports atmosphériques de calcium, 5 p.100 des apports de magnésium, 14 p.100 des apports de sodium et 28 p.100 des apports de potassium. Puisque les concentrations de cations majeurs à l'exutoire étaient à peu près semblables en 1987 et 1988 (tableau 10, p. 22), nous pouvons conclure que la plus forte exportation de cations majeurs enregistrée en 1988 serait due au débit en moyenne plus élevé en 1988 (0,018 m^3/s) qu'en 1987 (0,015 m^3/s).

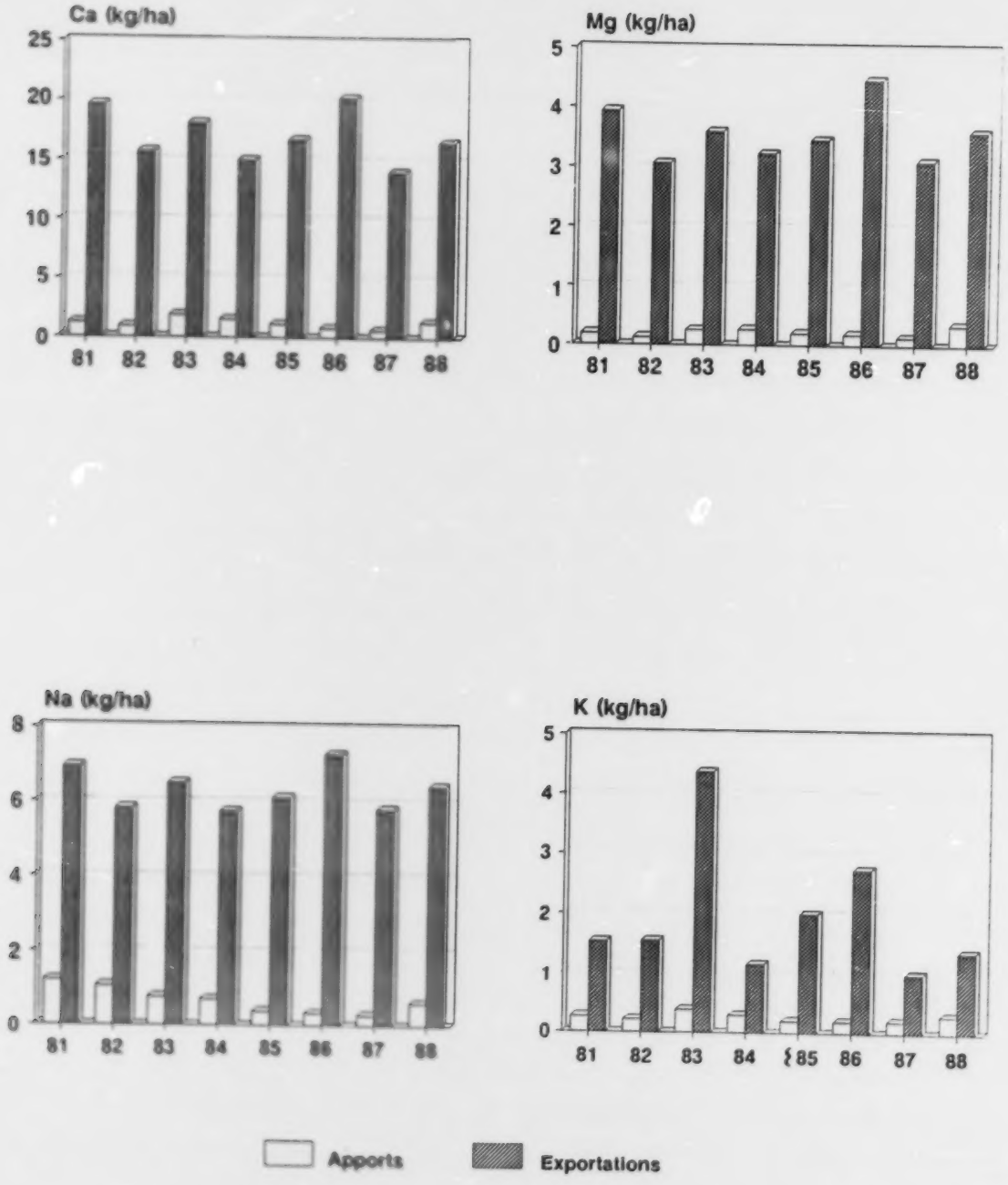


Figure 13 Bilan ionique annuel des cations majeurs

7 CONCLUSIONS

Le bassin versant du lac Laflamme reçoit d'abondantes précipitations au cours d'une année. Considérée sous l'angle d'une année civile, 1987 fut l'année la plus sèche depuis 1981, la hauteur de précipitation n'étant que de 1,1 m. L'année 1990 fut par contre une année humide avec des précipitations totalisant 1,5 m. Le pH des précipitations dans le bassin est bas (en moyenne 4,43). En 1988, et par rapport à l'ensemble de la période 1981-1988, des concentrations maximales ont été enregistrées pour l'ion ammonium, les nitrates et le magnésium. De plus, les concentrations moyennes de tous les paramètres des précipitations analysés (exception faite du potassium) avaient augmenté par rapport aux concentrations moyennes de 1987. Des tendances temporelles à la hausse ont été décelées en ce qui concerne la concentration de nitrates dans les précipitations pour la période 1981-1988.

Pour ce qui est de l'eau du lac, il est important de mentionner que le rapport moyen annuel bicarbonates/sulfates a atteint son minimun (1,13) en 1988 et 1989. Pour l'exutoire, ce rapport est tombé sous l'unité en 1988 et en 1989. Cette baisse concorde avec le processus d'acidification des écosystèmes aquatiques où il y a remplacement graduel des bicarbonates par les sulfates.

La médiane du pH du lac se situe à 6,4 et sa tendance dans le temps est à la hausse. Les dépôts acides ne semblent pas agir directement sur le pH du lac. Sa capacité de neutralisation des acides serait, semble-t-il, suffisante. Un fait important à noter est la fonte printanière très acide de 1990. En effet, l'alcalinité totale à l'exutoire est passée sous la limite de détection au début de mai 1990, ce qui n'était jamais arrivé depuis le début de la période d'étude, soit 1981.

Une tendance à la hausse est détectée dans la concentration de sulfates pour l'eau du lac et de l'exutoire. On pourrait expliquer cette tendance par les charges atmosphériques de sulfates élevées par rapport à la capacité du système. On détecte une tendance à la baisse dans l'alcalinité de l'eau du lac et de l'exutoire.

En moyenne, les dépôts atmosphériques sur le bassin du lac Laflamme entre 1981 et 1988 s'élevaient à 21,2 kg/ha/an pour les sulfates, 3,54 kgN/ha/an pour les nitrates, 2,26 kgN/ha/an pour l'ion ammonium et 0,50 kg/ha/an pour l'ion hydrogène. C'est en 1988 que l'on relève les plus forts dépôts atmosphériques de sulfates et de composés azotés depuis 1981.

Les exportations pour l'alcalinité, le calcium, le sodium, le magnésium et les chlorures en 1989 ont atteint des minima par rapport à l'ensemble de la période 1981-1989. Sur une base annuelle, les nitrates et l'ion hydrogène sont retenus dans le bassin. Pour ce qui est des sulfates, les charges exportées à l'exutoire sont supérieures au dépôt humide. Les cations majeurs sont lessivés du système.

RÉFÉRENCES

Barrie, L.A., H.A. Wiebe, K. Anlauf. (1984). *Results of the Canadian Air and Precipitation Monitoring Network APN : 1982.* Environnement Canada, Service de l'environnement atmosphérique. Rapport AQRB-84-005-T.

Barrie, L.A., H.A. Wiebe, P. Fellin, K. Anlauf. (1982). *Results of the Canadian Air and Precipitation Monitoring Network APN : July 1980 to December 1981.* Environnement Canada, Service de l'environnement atmosphérique. Rapport AQRB-82-009-T.

Berryman, D., B. Bobbée, D. Cluis, J. Haemmerli. (1988). «Non Parametric Tests for Trend Detection in Water Quality Time-Series». *Water Resources Bulletin, 24 (3)*: 545-556.

Bobée, B., Y. Grimard, M. Lachance, Y. Tessier. (1982). *Nature et étendue de l'acidifi cation des lacs du Québec.* MENVIQ, Service de la qualité des eaux, Rapport scientifique no 140, 243 p.

Bouchard, A., S. Couture. (1990). *Comparaison statistique des laboratoires de Longueuil et de Sodexen à l'aide des données du réseau TADPA-Québec et du lac Laflamme pour la période de février à août/septembre 1990.* Environnement Canada, Centre Saint-Laurent, Direction des eaux intérieures. Rapport interne, 85 p.

Cluis, D., C. Laberge, C. Houle. (1988). *Détection des tendances et dépassement de normes en qualité de l'eau.* Université du Québec, INRS-Eau. Rapport méthodologique, 127 p.

Dupont, J., Y. Grimard. (1987). *SIGMA/SLAM: Modèle de gestion des milieux acides.* Ministère de l'Environnement du Québec, Direction de la qualité du milieu aquatique. Rapport n° PA-27, 76 p.

Dupont, J., (1989). *État de l'acidité des lacs de la région hydrographique de la Mauricie.* Réseau spatial de surveillance de l'acidité des lacs du Québec. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction de la qualité du milieu aquatique.

Environnement Canada. (1990). *Données sur les eaux de surface - Québec 1990.* Direction générale des eaux intérieures, région du Québec, Direction des ressources en eau. Rapport préliminaire.

Environnement Canada. (1989). *Données sur les eaux de surface - Québec 1988.* Direction générale des eaux intérieures, région du Québec, Direction des ressources en eau. 57 p.

Environnement Canada. (1988). *Données sur les eaux de surface - Québec 1987.* Direction régionale des eaux intérieures, région du Québec et Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau. 55 p.

Environnement Canada. (1987). *Données sur les eaux de surface - Québec 1986.* Direction régionale des eaux intérieures et des terres, région du Québec et Direction générale des eaux intérieures et des terres, Direction des ressources en eau. 49 p.

Environnement Canada. (1986). *Données sur les eaux de surface - Québec 1985.* Direction régionale des eaux intérieures, région du Québec et Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau. 49 p.

Environnement Canada. (1985). *Données sur les eaux de surface - Québec 1984.* Direction régionale des eaux intérieures, région du Québec et Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau. 49 p.

Environnement Canada. (1984). *Données sur les eaux de surface - Québec 1983.* Direction régionale des eaux intérieures, région du Québec et Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau. 49 p.

Environnement Canada. (1983). *Données sur les eaux de surface - Québec 1982.* Direction régionale des eaux intérieures, région du Québec et Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau. 48 p.

Environnement Canada. (1982). *Données sur les eaux de surface - Québec 1981.* Direction régionale des eaux intérieures, région du Québec et Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau. 48 p.

Papineau, M. (1989). *Bilans ioniques et changements dans la qualité de l'eau au bassin calibré du lac Laflamme de 1981 à 1988.* Environnement Canada, Conservation et Protection, région du Québec, Direction des eaux intérieures.

RMCC. (1990). *Evaluation de l'état des connaissances actuelles sur le transport à dis tance des polluants atmosphériques et les dépots acides- Partie 4: Effets sur les milieux aquatiques*, Comité fédéral-provincial de coordination de la recherche et de la surveillance, sous-groupe chargé des effets sur les milieux aquatiques.

Roberge, J., G.H. Jones. (1991). *Subice layering and origin of acidic water in a small boreal lake during the spring runoff.* Water Ress. Research, vol 27, no 4, p. 479-492.

Vet, R.J., W.B. Sukloff, M.E. Still, C.S. McNair, J.B. Martin, W.F. Kobelka, A.J. Gaudenzi. (1989) *Canadian Air and Precipitation Monitoring Network (CAPMoN), Precipitation Chemistry Data Summary 1987.* Environnement Canada, Service de l'environnement atmosphérique, Division de la surveillance et de l'évaluation de la qualité de l'air, 45 p.

Vet, R.J., W.B. Sukloff, M.E. Still, J.B. Martin, W.F. Kobelka, A.J. Gaudenzi. (1988b). *Canadian Air and Precipitation Monitoring Network (CAPMoN), Precipitation Chemistry Data Summary 1985.* Environnement Canada, Service de l'environnement atmosphérique, Division de la surveillance et de l'évaluation de la qualité de l'air, 482 p.

Vet, R.J., W.B. Sukloff, M.E. Still, R. Gilbert. (1986). *Canadian Air and Precipitation Monitoring Network (CAPMoN), Precipitation Chemistry Data Summary 1983-1984.* Environnement Canada, Service de l'environnement atmosphérique, Division de la surveillance et de l'évaluation de la qualité de l'air, 544 p.

Wiebe, H.A., R,J. Vet, L.A. Barrie, L. Anlauf. (1985). *Canadian Air and Precipitation Monitoring Network (APN), Final Data Report. December 1982-1983.* Environnement Canada, Service de l'environnement atmosphérique, Division de la surveillance et de l'évaluation de la qualité de l'air, 105 p.

ANNEXES

ANNEXE 1

Paramètres chimiques échantillonnés aux deux mois

Date			COD (mg/l)	CID (mg/l)	SiO_2 (mg/l)	NH_3 (mgN/l)	SO_4 (mg/l)
1985	MAI	28	4,9	0,8	4,63	<0,001	3,78
	JUIL	30	5,3	0,4	3,61	0,018	4,03
	OCT	1	4,3	1,4	3,71	0,020	3,93
	NOV	26	2,0	2,8	5,44	0,025	4,01
1986	JAN	30	2,9	1,6	7,36	0,032	3,80
	AVR	3	2,4	1,9	7,60	0,058	3,65
	JUIN	2	5,5	3,9	3,85	0,024	4,06
	JUIL	29	4,9	0,5	3,79	0,026	4,04
	SEP	30	4,1	0,1	5,12	0,013	3,63
	NOV	25	3,5	0,3	6,20	0,042	3,42
1987	JAN	28	-	-	9,63	0,038	-
	MAR	30	3,2	1,9	9,56	0,050	3,90
	MAI	26	3,2	0,9	4,83	0,046	3,84
	JUIL	28	3,7	1,0	3,58	0,025	3,63
	SEP	29	3,5	1,4	3,84	0,010	3,36
	NOV	24	3,7	0,8	5,69	0,048	3,48
1988	JAN	27	-	-	-	0,115	3,64
	AVR	5	2,7	1,4	8,24	0,165	3,29
	JUIN	7	4,1	0,8	4,74	<0,001	3,74
	AOÛ	2	4,2	1,2	3,48	0,006	3,06
	SEP	27	4,6	1,0	5,27	0,018	3,24
	DEC	6	3,9	0,8	7,84	0,016	-
1989	FEV	7	3,2	1,1	8,82	0,044	-
	MAR	21	2,7	1,1	-	0,017	-
	MAI	30	3,7	0,4	4,52	<0,001	3,40
	JUIL	25	3,8	0,4	4,19	0,009	3,60
	SEP	27	-	-	5,37	<0,001	-
	DEC	6	-	-	6,67	0,011	-
1990	JAN	31	-	-	9,59	-	-
	MAR	27	-	-	8,00	0,037	-
	MAI	30	4,6	0,7	5,01	0,005	-

ANNEXE 2

Précipitations et écoulements mensuels pour 1987, 1988, 1989 et 1990

Année et mois	Précipitations (mm) bassin #	Écoulement (mm)
1987		
Janvier	49,7	20,3
Février	8,1	8,7
Mars	111,9	11,4
Avril	62,2	200,3
Mai	72,4	91,7
Juin	145,8	47,4
Juillet	121,2	66,3
Août	93,1	25,9
Septembre	115,2	32,6
Octobre	129,2	77,7
Novembre	139,8	85,9
Décembre	68,5	42,1
1988		
Janvier	98,3	10,2
Février	143,0	42,3
Mars	53,8	13,4
Avril	95,1	28,7
Mai	47,8	229,5
Juin	110,8	66,1
Juillet	100,9	44,2
Août	178,2	64,9
Septembre	133,7	88,2
Octobre	188,0	121,1
Novembre	141,0	91,4
Décembre	78,1	39,8

ANNEXE 2
(suite)

Année et mois	Précipitations (mm) bassin #	Écoulement (mm)
1989		
Janvier	105,0	24,5
Février	65,2	21,0
Mars	86,0	18,8
Avril	60,7	33,7
Mai	147,5	295,4
Juin	96,8	89,7
Juillet	82,1	28,7
Août	120,4	26,0
Septembre	97,9	25,9
Octobre	97,9	62,5
Novembre	151,7	91,8
Décembre	42,4	32,7
1990		
Janvier	160,0	24,9
Février	86,1	15,3
Mars	86,6	14,8
Avril	74,3	85,3
Mai	80,2	193,5
Juin	148,3	-
Juillet	113,8	-
Août	146,2	-
Septembre	120,0	-
Octobre	201,9	-
Novembre	142,7	-
Décembre	144,4	-

= Précipitations bassin = 0,97 * Précipitations APN.

ANNEXE 3

Données de laboratoire
Eau du lac Laflamme - 1987

Date		pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Alc.G (mg/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	NO_3 (mg/l)	P (mg/l)	Cond. [a]	Coul.[b]	Al (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Zn (mg/l)
JAN	6	6,9	2,9	0,6	1,1	0,25	7,29	4,6	0,4	0,12	I	28	21	0,072	0,168	0,025	0,015
	13	6,8	2,9	0,6	1,1	0,22	7,39	4,0	0,4	0,11	I	27	21	0,072	0,166	0,027	0,009
	20	6,8	2,8	0,6	1,1	0,21	6,89	3,9	0,4	0,12	I	27	21	0,069	0,164	0,029	0,006
	28	7,0	2,6	0,6	1,0	0,23	6,47	3,9	0,3	0,10	I	26	17	0,072	0,124	0,027	0,006
FEV	4	7,0	2,6	0,6	1,2	0,26	6,53	4,1	0,5	0,13	I	28	22	0,073	0,175	0,027	0,016
	10	6,8	2,7	0,6	1,3	0,35	7,09	4,2	0,7	0,13	I	29	18	0,067	0,153	0,030	0,008
	17	6,8	2,8	0,6	1,2	0,24	7,37	4,2	0,6	0,15	I	30	21	0,069	0,166	0,031	0,009
	24	6,9	2,8	0,6	1,1	0,23	-	4,1	0,4	0,22	I	30	24	0,060	0,190	0,034	0,006
MAR	4	6,4	-	-	-	-	7,62	4,0	0,4	0,17	I	30	21	0,062	0,153	0,038	0,010
	10	6,8	2,9	0,7	1,2	0,30	7,94	4,2	0,4	0,17	I	31	19	0,058	0,188	0,041	0,005
	17	7,0	2,9	0,7	1,2	0,28	8,27	4,3	0,4	0,20	I	32	21	0,059	0,195	0,041	0,006
	24	6,7	2,8	0,7	1,1	0,23	6,14	4,8	0,4	0,25	I	31	21	0,054	0,197	0,041	I
	31	6,6	3,0	0,7	1,2	0,27	8,65	4,2	0,5	0,23	I	33	23	0,055	0,238	0,053	0,005
AVR	7	6,8	2,7	0,6	1,1	0,29	6,47	4,1	0,4	0,19	I	30	28	0,100	0,232	0,054	0,005
	14	6,2	2,8	0,6	1,1	0,25	8,02	4,3	0,4	0,13	I	30	28	0,106	0,245	0,055	0,006
	21	6,4	2,2	0,5	0,9	0,21	5,05	4,1	0,4	0,13	I	24	34	0,159	0,298	0,042	0,005
	28	6,9	2,1	0,5	0,7	0,19	4,10	5,0	0,4	0,07	I	23	30	0,121	0,173	0,027	0,004
MAI	5	6,7	2,0	0,5	0,8	0,15	4,01	4,2	0,3	0,04	I	22	25	0,102	0,118	0,020	0,004
	12	6,8	2,0	0,5	0,9	0,16	3,98	3,7	0,4	0,04	I	22	28	0,095	0,099	0,010	0,003
	19	6,8	2,0	0,4	0,8	0,15	3,73	3,3	0,3	0,03	I	21	25	0,103	0,069	0,008	0,003
	26	6,8	2,0	0,4	0,8	0,07	3,82	3,9	0,3	0,01	I	22	21	0,085	0,055	0,002	0,003
JUIN	2	6,7	2,0	0,5	0,8	0,16	3,78	4,2	0,3	<0,01	I	22	19	0,085	0,064	0,009	0,003
	9	6,6	2,1	0,5	0,8	0,20	3,70	4,4	0,4	<0,01	I	22	21	0,079	0,061	0,008	0,003
	16	6,9	2,0	0,5	0,9	0,10	3,95	4,0	0,3	<0,01	I	22	21	0,085	0,060	0,006	0,003
	22	6,9	2,0	0,5	0,9	0,17	4,28	4,0	0,4	<0,01	I	23	21	0,079	0,051	0,004	0,002
	29	6,8	2,0	0,5	0,9	0,12	3,94	4,0	0,3	<0,01	I	23	21	0,081	0,067	0,005	0,005

ANNEXE 3 - Données de laboratoire - Eau du lac Laflamme - 1987 (suite)

Date		pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Alc.G (mg/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	NO_3 (mg/l)	P (mg/l)	Cond.[a]	Coul.[b]	Al (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Zn (mg/l)
JUIL	7	6,8	1,9	0,5	0,9	0,12	3,65	4,0	0,3	<0,01	I	21	23	0,101	0,087	0,009	I
	14	6,6	2,0	0,5	0,9	0,10	3,81	3,9	0,3	<0,01	I	21	24	0,088	0,073	0,007	0,003
	21	6,6	2,0	0,5	0,8	0,12	3,85	4,2	0,3	<0,01	I	22	22	0,086	0,079	0,009	0,004
	28	6,4	2,1	0,5	0,9	0,09	4,02	4,1	0,3	0,01	I	25	24	0,092	0,114	0,010	0,007
AOÛT	4	6,7	2,0	0,5	0,8	0,10	4,35	4,0	0,4	<0,01	I	24	27	0,086	0,100	0,008	0,004
	11	6,6	2,0	0,5	0,9	0,10	4,15	3,9	0,4	<0,01	I	24	24	0,082	0,102	0,009	0,003
	18	6,6	2,2	0,5	0,9	0,09	4,83	3,8	0,3	<0,01	I	26	24	0,075	0,131	0,010	0,003
	25	6,8	2,3	0,5	0,9	0,04	4,58	4,1	0,4	0,01	I	26	28	0,073	0,111	0,007	0,006
SEP	1	6,2	2,2	0,5	0,9	0,13	2,68	5,8	0,3	<0,01	I	27	25	0,071	0,109	0,006	0,005
	8	6,8	2,2	0,5	1,0	0,16	5,13	4,0	0,3	<0,01	I	26	23	0,066	0,098	0,005	0,003
	15	6,9	2,2	0,5	1,0	0,15	5,55	3,6	0,3	<0,01	I	26	27	0,059	0,096	0,009	0,007
	22	6,8	2,2	0,6	1,0	0,16	5,36	4,2	0,3	<0,01	I	27	23	0,059	0,107	0,008	0,003
	29	6,5	2,2	0,5	1,0	0,16	5,30	4,4	0,3	<0,01	I	22	25	0,058	0,104	0,006	0,003
OCT	6	6,7	2,2	0,5	1,0	0,17	5,21	4,7	0,4	<0,01	I	22	34	0,063	0,109	0,007	0,003
	13	6,5	2,2	0,6	1,0	0,13	5,13	3,8	0,4	0,01	I	22	25	0,069	0,115	0,005	0,004
	20	6,7	2,3	0,6	1,0	0,15	5,21	3,9	0,3	0,01	I	22	22	0,064	0,113	0,006	0,003
	27	6,9	2,3	0,5	1,0	0,15	5,65	4,4	0,3	0,03	I	22	24	0,067	0,117	0,006	0,003
NOV	3	6,9	2,2	0,5	1,0	0,15	5,79	4,5	0,4	0,03	I	22	27	0,076	0,130	0,006	0,003
	9	6,8	2,2	0,5	0,9	0,14	I	4,6	0,3	0,04	I	22	25	0,092	0,117	0,008	0,003
	17	6,6	2,3	0,5	1,0	0,15	5,43	4,7	0,4	0,05	I	23	28	0,091	0,121	0,007	0,003
	24	I	I	I	I	0,18	I	4,6	0,4	0,08	I	I	25	0,100	0,115	0,008	0,005
DEC	4	6,6	2,5	0,6	1,1	0,26	6,01	4,7	0,5	0,06	I	25	28	0,096	0,119	0,009	0,004
	8	6,5	2,6	0,6	1,1	0,22	6,36	4,6	0,4	0,07	I	25	26	0,102	0,119	0,009	0,005
	15	6,8	2,7	0,6	1,0	0,18	6,36	5,2	0,4	0,06	I	26	28	0,101	0,124	0,012	0,006
	22	6,8	2,7	0,6	1,1	0,19	6,60	5,3	0,4	0,08	I	26	24	0,092	0,115	0,012	0,005
	29	6,9	2,6	0,5	1,0	0,15	6,14	5,2	0,5	0,08	I	26	24	0,086	0,124	0,010	0,004

[a] Conductivité en µS/cm. [b] Couleur exprimée en unités Hazen.

ANNEXE 3

Données de laboratoire
Eau du lac Laflamme - 1988

Date		pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Alc.G (mg/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	NO_3 (mg/l)	P (mg/l)	Cond. *	Coul.[b]	Al (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Zn (mg/l)
JAN	5	6,4	2,7	0,50	1,0	0,14	6,14	5,2	0,4	0,08	I	25	24	0,119	0,132	0,010	0,004
	12	7,0	2,7	0,60	1,1	0,20	6,50	5,3	0,4	0,10	I	27	22	0,129	0,129	0,008	0,008
	19	6,9	2,7	0,60	1,1	0,18	6,72	4,3	0,3	0,11	I	28	22	0,129	0,123	0,012	0,005
	27	6,8	2,7	0,60	1,1	0,21	6,79	4,2	0,4	0,09	I	27	24	0,138	0,129	0,015	0,006
FEV	2	6,6	2,6	0,60	1,1	0,21	5,96	4,3	0,4	0,12	I	26	24	0,087	0,126	0,015	0,005
	9	6,6	2,8	0,60	1,1	0,23	7,16	4,4	0,4	0,12	I	28	21	0,138	0,132	0,016	0,005
	16	6,8	2,9	0,60	1,1	0,24	7,15	4,5	0,6	0,13	I	28	25	0,100	0,123	0,019	0,006
	23	6,6	2,8	0,60	1,1	0,25	6,88	4,7	0,5	0,19	I	28	24	0,085	0,141	0,026	0,006
MAR	1	6,8	3,0	0,70	1,2	0,23	7,54	4,3	0,4	0,17	I	28	18	0,082	0,150	0,026	0,007
	8	6,9	2,9	0,60	1,3	0,31	7,35	4,4	0,5	0,16	I	29	24	0,074	0,153	0,030	0,005
	15	6,9	2,9	0,70	1,2	0,32	7,64	4,2	0,5	0,16	I	30	22	0,078	0,171	0,038	0,006
	22	6,3	3,0	0,70	1,2	0,25	7,78	4,2	0,4	0,16	I	29	22	0,073	0,171	0,035	0,005
	29	6,7	2,5	0,60	1,1	0,22	5,70	4,0	0,4	0,35	I	27	17	0,056	0,159	0,019	0,007
AVR	5	6,7	2,7	0,70	1,1	0,22	7,28	3,7	0,3	0,16	I	28	23	0,055	0,271	0,036	0,006
	12	6,3	2,4	0,60	0,9	0,20	6,16	3,8	0,3	0,22	I	25	18	0,049	0,219	0,028	0,005
	19	6,5	3,0	0,70	1,2	0,30	8,66	4,3	0,5	0,19	I	30	24	0,072	0,230	0,031	0,005
	26	6,3	2,9	0,70	1,1	0,24	7,61	4,3	0,3	0,18	I	29	23	0,066	0,216	0,038	0,005
MAI	2	6,3	2,7	0,60	1,0	0,24	6,96	4,0	0,3	0,23	I	27	19	0,052	0,226	0,039	0,007
	10	6,4	1,7	0,40	0,7	0,24	3,57	3,3	0,5	0,14	I	19	29	0,151	0,372	0,028	0,008
	17	6,6	2,1	0,50	0,8	0,24	4,41	3,8	0,4	0,09	I	21	38	0,111	0,297	0,036	0,006
	24	6,5	1,8	0,40	0,7	0,35	3,12	4,3	0,5	0,04	I	19	39	0,121	0,186	0,023	0,007
	31	6,7	1,9	0,40	0,7	0,25	3,28	4,5	0,4	0,01	I	19	39	0,211	I	0,016	0,006
JUIN	7	6,7	1,9	0,40	0,8	0,23	3,47	4,7	0,4	0,01	I	19	32	0,085	0,096	0,008	0,010
	14	6,8	1,9	0,40	0,7	0,22	3,65	4,5	0,3	0,01	I	20	29	0,072	0,047	0,005	0,004
	21	6,8	2,0	0,50	0,8	0,22	3,62	4,6	0,4	0,00	I	20	25	0,068	0,044	0,003	0,005
	28	6,8	1,9	0,40	0,8	0,23	3,70	4,4	0,3	0,00	I	20	30	0,078	0,057	0,007	0,003

ANNEXE 3 - Données de laboratoire - Eau du lac Laflamme - 1988 (suite)

Date		pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Alc.G (mg/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	NO_3 (mg/l)	P (mg/l)	Cond. [a]	Coul.[b]	Al (mg/l)	Fe (mg]l)	Mn (mg/l)	Zn (mg/l)
JUIL	5	6,8	1,9	0,50	0,8	0,20	3,60	4,2	0,3	0,00	I	20	29	0,079	0,060	0,009	0,003
	12	6,8	2,0	0,50	0,8	0,21	3,61	4,0	0,4	0,00	I	20	30	0,079	0,067	0,011	0,007
	19	6,7	1,9	0,50	0,8	0,19	3,78	4,1	0,3	0,01	I	20	31	0,072	0,059	0,011	0,003
	26	6,7	1,9	0,50	0,8	0,21	3,98	4,0	0,3	0,01	0,008	21	25	0,064	0,053	0,014	0,003
AOÛT	2	6,7	1,9	0,50	0,8	0,16	3,78	4,3	0,3	0,01	0,007	21	21	0,061	0,057	0,013	0,002
	9	6,6	2,0	0,50	0,8	0,17	3,90	4,0	0,3	0,00	0,011	21	21	0,057	0,062	0,011	0,002
	16	6,6	2,0	0,50	0,8	0,16	4.16	4,0	0,3	0,01	0,022	22	23	0,063	0,079	0,008	0,003
	23	6,8	2,1	0,50	0,9	0,20	4,51	4,0	0,3	0,01	0,010	23	24	0,065	0,112	0,012	0,003
	30	6,6	2,1	0,50	0,8	0,15	3,83	4,4	0,3	0,00	0,011	21	33	0,092	0,120	0,010	0,003
SEP	6	6,6	2,1	0,50	0,8	0,14	3,78	4,2	0,3	0,01	0,009	21	33	I	0,083	0,006	0,003
	13	6,7	2,1	0,50	0,8	0,13	3,85	4,1	0,3	0,00	0,007	22	30	0,089	0,104	0,007	0,003
	20	6,7	2,1	0,50	0,8	0,11	4,02	4,3	0,4	0,02	0,007	22	31	0,089	0,107	0,011	0,003
	27	6,7	2,1	0,50	0,8	0,14	4,22	4,3	0,4	0,02	0,011	21	27	0,075	0,113	0,009	0,004
OCT	4	6,5	2,0	0,50	0,8	0,12	3,37	4,7	0,4	0,03	0,007	20	32	0,098	0,111	0,011	0,004
	11	6,9	2,1	0,50	0,8	0,10	3,84	4,9	0,4	0,03	0,007	20	32	0,099	0,098	0,008	0,004
	18	6,9	2,1	0,50	0,8	0,10	4,80	4,7	0,3	0,02	0,007	21	31	0,094	0,138	0,009	0,008
	25	6,6	2,1	0,40	0,8	0,11	3,45	4,6	0,4	0,03	0,009	21	43	0,110	0,132	0,009	0,003
NOV	1	6,6	2,0	0,40	0,8	0,12	3,59	4,8	0,4	0,02	0,008	22	39	0,104	0,103	0,009	0,007
	8	6,4	2,2	0,40	0,8	0,10	3,68	5,2	0,4	0,02	0,009	21	30	0,102	0,086	0,010	0,003
	15	6,3	2,2	0,40	0,7	0,12	3,76	4,6	0,3	0,01	0,009	21	35	0,091	0,069	0,006	0,005
	22	6,2	2,2	0,40	0,8	0,16	3,71	4,5	0,4	0,05	0,007	22	32	0,103	0,086	0,010	0,005
	29	6,3	2,4	0,50	0,8	0,12	4,50	4,2	0,3	0,07	0,005	23	27	0,098	0,121	0,014	0,004
DEC	6	6,2	2,4	0,50	0,8	0,14	4,94	4,5	0,3	0,04	0,006	24	33	0,096	0,096	0,014	0,004
	13	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	0,085	0,105	0,014	0,005
	20	6,2	2,7	0,50	0,9	0,19	6,38	4,8	0,4	0,06	0,008	26	27	0,093	0,123	0,018	0,005
	28	6,2	2,8	0,60	1,0	0,20	5,93	4,5	I	I	0,010	24	27	0,087	0,146	0,024	0,005

[a] Conductivité en µS/cm. [b] Couleur exprimée en unités Hazen.

ANNEXE 3

Données de laboratoire
Eau du lac Laflamme - 1989

Date		pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Alc.G (mg/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	NO_3 (mg/l)	P (mg/l)	Cond. [a]	Coul.[b]	Al (mg/l)	Fe (mg]l)	Mn (mg/l)	Zn (mg/l)
JAN	3	6,3	2,6	0,50	0,9	0,18	5,75	4,9	0,4	0,08	0,013	26	28	0,090	0,103	0,017	0,004
	10	6,4	3,0	0,60	1,0	0,16	6,50	4,6	0,4	0,11	0,008	28	27	0,088	0,154	0,033	0,005
	17	6,4	2,9	0,60	1,0	0,19	7,11	4,0	0,5	0,17	0,007	29	24	0,084	0,178	0,031	0,005
	24	6,2	3,0	0,60	1,1	0,23	7,11	5,2	0,5	0,19	0,008	29	28	0,078	0,178	0,032	0,005
FEV	1	6,3	3,1	0,60	1,1	0,24	7,11	5,1	0,5	0,17	0,009	30	28	0,075	0,201	0,037	0,006
	7	6,2	2,8	0,60	1,0	0,16	6,12	5,3	0,4	0,17	0,005	26	21	0,075	0,176	0,033	0,005
	14	6,5	3,1	0,70	1,0	0,18	7,39	4,3	0,3	0,18	0,010	29	24	0,071	0,226	0,044	0,005
	21	6,2	2,9	0,60	0,9	0,19	6,63	4,2	0,3	0,16	0,007	27	20	0,072	0,183	0,044	0,004
	28	6,2	2,8	0,60	1,0	0,21	7,18	4,2	0,4	0,17	0,009	28	21	0,067	0,190	0,045	0,006
MAR	7	6,1	2,9	0,60	1,0	0,18	6,81	4,1	0,3	0,16	0,013	29	19	0,067	0,203	0,053	0,005
	14	6,4	3,0	0,60	1,1	0,22	6,74	4,1	0,6	0,18	0,013	28	22	0,065	0,222	0,058	0,006
	21	6,3	2,8	0,60	1,0	0,20	6,52	4,1	0,4	0,18	0,008	26	16	0,063	0,187	0,052	0,005
	28	6,2	2,9	0,50	0,9	0,17	6,55	4,4	0,4	0,26	0,007	26	22	0,072	0,271	0,047	0,006
AVR	4	6,2	2,6	0,50	0,9	0,19	5,67	4,3	0,4	0,32	0,007	25	21	0,067	0,283	0,039	0,005
	11	6,1	2,4	0,50	0,9	0,19	4,25	4,4	0,4	0,30	0,006	25	14	0,055	0,167	0,032	0,005
	18	6,1	2,6	0,50	0,9	0,16	5,48	4,4	0,4	0,32	0,006	26	24	0,058	0,271	0,042	0,006
	25	6,2	2,5	0,50	0,9	0,18	5,26	3,7	0,5	0,33	0,006	26	19	0,061	0,307	0,044	0,005
MAI	2	6,9	2,3	0,50	0,8	0,14	5,41	3,9	0,4	0,25	0,013	24	19	0,058	0,303	0,042	0,005
	9	6,8	2,4	0,50	0,8	0,19	4,93	4,1	0,3	0,19	0,013	25	33	0,098	0,291	0,044	0,006
	16	6.0	1,9	0,40	0,6	0,19	3,42	4,0	0,3	0,16	0,013	20	41	0,148	0,342	0,040	0,006
	23	6,1	1,7	0,30	0,6	0,19	2,56	4,1	0,3	0,10	0,010	18	38	0,148	0,181	0,031	0,010
	30	6,3	1,7	0,30	0,6	0,20	2,43	4,1	0,3	0,07	0,009	18	33	0,130	0,107	0,020	0,009
JUIN	6	6,3	1,7	0,30	0,7	0,28	2,67	4,2	0,4	0,05	0,012	19	31	0,125	0,076	0,013	0,009
	13	6,5	1,8	0,40	0,7	0,20	3,10	4,3	0,2	0,04	0,010	18	28	0,120	0,082	0,011	0,009
	20	6,5	1,9	0,40	0,6	0,21	3.06	4,2	0,3	0,02	0,011	19	27	0,104	0,065	0,007	0,006
	27	6,5	1,8	0,40	0,7	0,22	3,09	4,0	0,4	0,01	0,017	19	23	0,109	0,067	0,011	0,010

ANNEXE 3 - Données de laboratoire - Eau du lac Laflamme - 1989 (suite)

Date		pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Alc.G (mg/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	NO_3 (mg/l)	P (mg/l)	Cond. [a]	Coul.[b]	Al (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Zn (mg/l)
JUIL	4	6,5	1,9	0,40	0,7	0,19	3,28	4,1	0,3	0,00	0,011	19	28	0,098	0,060	0,014	0,006
	11	6,6	1,8	0,40	0,7	0,18	3,42	4,3	0,4	0,00	0,012	19	25	0,087	0,061	0,013	0,007
	18	6,5	1,8	0,40	0,7	0,15	3,44	4,2	0,4	0,00	0,011	19	24	0,085	0,052	0,012	0,005
	25	6,6	1,9	0,50	0,8	0,16	3,71	4,2	0,0	0,00	0,013	19	21	0,078	0,054	0,014	0,003
AOÛT	1	6,6	1,9	0,50	0,9	0,22	4,09	4,5	0,5	0,00	0,011	21	20	0,069	0,063	0,013	0,006
	8	6,7	2,0	0,50	0,9	0,23	4,00	4,4	0,4	0,01	0,018	20	19	0,067	0,068	0,011	0,004
	15	6,7	2,0	0,50	1,0	0,31	4,18	3,9	0,5	0,01	0,011	21	16	0,061	0,076	0,013	0,005
	22	6,7	2,3	0,50	0,8	0,17	4,51	4,2	0,3	0,01	0,007	21	21	0,056	0,101	0,014	0,005
	29	6,8	2,6	0,50	0,8	0,17	4,73	4,3	0,3	0,01	0,015	21	20	0,053	0,141	0,012	0,004
SEP	5	6,7	2,2	0,50	0,9	0,20	5,09	4,2	0,4	0,01	0,009	22	21	0,055	0,146	0,011	0,003
	12	6,7	2,2	0,50	0,9	0,17	5,36	3,8	0,3	0,00	0,008	22	22	0,046	0,126	0,013	0,004
	18	6,8	2,2	0,50	0,9	0,19	5,50	3,4	0,4	0,01	0,015	23	17	0,050	0,144	0,015	-
	27	6,7	2,2	0,50	0,9	0,13	5,51	4,1	0,3	0,01	0,015	21	22	0,047	0,161	0,011	0,006
OCT	3	6,8	2,2	0,50	0,9	0,19	5,48	3,4	0,4	0,01	0,013	21	26	0,048	0,156	0,009	0,008
	10	6,9	2,3	0,50	0,9	0,17	5,61	4,3	0,4	0,01	0,015	21	25	0,052	0,136	0,010	0,005
	17	6,8	2,3	0,50	0,9	0,16	5,42	4,4	0,4	0,02	0,011	22	21	0,054	0,137	0,009	0,004
	24	6,7	2,3	0,50	0,9	0,15	5.05	6,1	0,4	0,03	0,010	21	25	0,073	0,128	0,009	0,004
	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,009	-	-	-	-	-	-
NOV	7	6,8	2,3	0,50	0,9	0,14	5,15	3,9	0,4	0,03	0,012	22	25	0,075	0,117	0,008	0,003
	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	21	6,4	2,2	0,40	0,8	0,15	3,84	4,4	0,4	0,07	0,013	20	32	0,107	0,135	0,014	0,007
	28	6,3	2,3	0,40	0,9	0,20	3,69	4,6	0,6	0,07	0,009	22	32	0,126	0,136	0,000	0,007
DEC	6	6,3	2,4	0,50	1,0	0,09	4,28	4,6	0,6	0,06	0,008	23	28	0,118	0,120	0,008	0,005
	12	6,3	2,5	0,50	0,9	0,15	5,17	4,3	0,5	0,08	0,012	24	31	0,118	0,124	0,019	0,004
	19	6,3	2,5	0,50	0,9	0,14	5,46	4,3	0,4	0,08	0,010	24	28	0,154	0,117	0,019	0,004
	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[a] Conductivité en µS/cm. [b] Couleur exprimée en unités Hazen.

ANNEXE 3

Données de laboratoire
Eau du lac Laflamme - 1990

Date		pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Alc.G (mg/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	NO_3 (mg/l)	P (mg/l)	Cond. [a]	Coul. [b]	Al (mg/l)	Fe (mg]l)	Mn (mg/l)	Zn (mg/l)
JAN	2	6,2	2,7	0,50	1,1	0,21	6,21	4,5	0,6	0,09	0,012	27	28	0,120	0,140	0,016	0,008
	9	6,2	2,8	0,60	1,1	0,19	6,24	4,7	0,6	0,10	0,011	27	29	0,111	0,147	0,017	0,005
	16	6,2	2,7	0,60	1,1	0,26	6,24	5,0	0,6	0,11	0,018	27	30	0,105	0,151	0,012	0,006
	23	6,2	2,8	0,60	1,1	0,22	6,26	5,0	0,5	0,13	0,019	27	28	0,094	0,143	0,011	0,005
	31	6,2	2,8	0,60	1,0	0,22	6,65	4,6	0,4	0,14	0,009	27	24	0,087	0,147	0,016	0,005
FEV	6	6,3	2,8	0,60	1,2	0,30	6,52	4,6	0,6	0,17	0,025	28	25	0,082	0,166	0,022	0,016
	13	6,2	2,9	0,60	1,1	0,24	7,13	3,9	0,4	0,17	0,013	28	25	0,079	0,193	0,017	0,005
	20	6,2	2,9	0,60	1,2	0,24	7,14	4,3	0,5	0,16	0,008	31	24	0,083	0,212	0,026	0,006
	27	6,2	3,0	0,60	1,3	0,31	5,73	4,1	0,7	0,17	0,017	29	25	0,128	0,178	0,024	0,009
MAR	6	6,4	3,0	0,60	1,3	0,34	7,00	4,4	0,6	0,18	0,017	29	21	0,080	0,264	0,033	0,006
	13	6,6	3,0	0,60	1,2	0,30	5,55	4,1	0,5	0,20	0,029	29	39	0,077	0,300	0,035	0,007
	20	6,0	2,2	0,50	0,9	0,20	4,10	3,4	0,4	0,26	0,021	23	24	0,057	0,176	0,024	0,005
	27	6,5	2,6	0,50	0,9	0,22	5,54	4,1	0,4	0,34	0,006	21	22	0,061	0,222	0,031	0,005
AVR	3	6,3	2,7	0,60	1,3	0,33	5,98	4,0	0,6	0,32	0,009	29	21	0,072	0,229	0,032	0,008
	10	6,1	2,5	0,60	1,0	0,23	5,22	4,2	0,5	0,33	0,008	28	23	0,064	0,278	0,032	0,006
	17	5,9	2,6	0,60	1,1	0,21	5,00	4,2	0,4	0,39	0,018	28	22	0,066	0,247	0,033	0,007
	24	6,1	2,7	0,60	1,1	0,22	4,98	3,9	0,4	0,21	0,009	27	24	0,067	0,439	0,039	0,005
MAI	1	5,9	2,1	0,50	0,9	0,28	3,77	3,3	0,4	0,09	0,017	23	29	0,083	0,382	0,041	0,008
	8	5,8	2,3	0,60	1,0	0,25	4,94	4,1	0,4	0,09	0,017	24	39	0,107	0,417	0,050	0,006
	15	6,1	1,9	0,40	0,8	0,33	3,29	3,7	0,4	0,06	0,017	20	42	0,115	0,338	0,040	0,007
	22	6,1	1,8	0,40	0,9	0,35	3,61	3,9	0,5	0,04	0,011	20	28	0,163	0,288	0,028	0,005
	30	6,2	1,8	0,40	0,7	0,25	3,36	3,9	0,3	0,02	0,008	18	24	0,128	0,118	0,014	0,004

[a] Conductivité en µS/cm. [b] Couleur exprimée en unités Hazen.

ANNEXE 3

Données de laboratoire
Eau de l'exutoire du lac Laflamme - 1987

Date		pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Alc.G (mg/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	NO_3 (mg/l)	P (mg/l)	Cond. [a]	Coul.[b]	Al (mg/l)	Fe (mg]l)	Mn (mg/l)	Zn (mg/l)
JAN	6	6,8	2,6	0,5	1,0	0,19	6,13	4,4	0,3	0,11	I	24	17	0,073	0,107	0,025	I
	13	6,8	2,6	0,5	1,0	0,19	6,30	3,9	0,3	0,08	I	24	I	0,074	0,133	0,030	0,004
	20	6,8	2,5	0,5	1,0	0,19	6,03	4,0	0,3	0,10	I	25	21	0,071	0,157	0,035	0,004
	28	7,0	2,6	0,5	1,0	0,23	6,62	3,9	0,3	0,08	I	25	21	0,066	0,168	0,039	0,003
FEV	4	7,0	2,6	0,6	1,0	0,20	7,12	3,9	0,3	0,07	I	27	18	0,067	0,228	0,057	0,004
	10	6,9	2,6	0,5	1,0	0,20	7,46	4,3	0,3	0,09	I	26	22	0,066	0,254	0,064	0,003
	17	6,8	2,7	0,5	1,0	0,20	7,31	4,3	0,4	0,10	I	28	25	0,065	0,314	0,053	0,004
	24	6,9	2,7	0,5	1,0	0,20	-	4,2	0,3	0,16	I	28	24	0,067	0,366	0,053	I
MAR	4	6,8	-	-	-	-	7,15	4,4	0,4	0,15	I	29	21	0,064	0,281	0,044	0,003
	10	6,8	2,9	0,6	1,1	0,24	7,81	4,7	0,4	0,15	I	29	23	0,062	0,301	0,042	0,003
	17	7,0	3,0	0,6	1,2	0,25	8,11	4,9	0,4	0,19	I	32	21	0,062	0,355	0,047	0,004
	24	6,8	2,8	0,6	1,1	0,23	8,21	4,7	0,4	I	I	29	21	0,061	0,306	0,047	0,007
	31	6,3	1,9	0,4	0,6	0,17	3,52	3,8	0,4	0,23	I	21	23	0,118	0,189	0,057	0,004
AVR	7	5,7	1,5	0,3	0,5	0,31	0,64	4,2	0,4	0,20	I	19	40	0,179	0,111	0,031	0,005
	14	6,0	1,6	0,3	0,6	0,20	2,86	4,1	0,3	0,13	I	18	28	0,207	0,132	0,031	0,005
	21	6,1	1,7	0,4	0,7	0,16	2,46	4,5	0,4	0,12	I	20	34	0,175	0,190	0,025	0,005
	28	6,8	1,9	0,4	0,7	0,14	3,52	5,1	0,4	0,05	I	21	34	0,272	0,120	0,015	0,007
MAI	5	6,5	1,9	0,5	0,8	0,14	3,52	4,2	0,3	0,03	I	21	29	0,122	0,087	0,009	0,003
	12	6,6	1,9	0,4	0,8	0,09	3,25	3,5	0,3	0,03	I	20	28	0,127	0,059	0,011	0,003
	19	6,7	1,9	0,4	0,8	0,08	3,23	3,3	0,3	0,03	I	20	21	0,108	0,067	0,011	0,002
	26	6,8	1,9	0,4	0,8	0,07	3,28	4,0	0,3	0,01	I	21	25	0,091	0,073	0,009	0,002
JUIN	2	6,8	1,9	0,4	0,8	0,15	3,41	4,2	0,3	<0,01	I	21	23	0,096	0,071	0,014	0,002
	9	6,5	1,8	0,4	0,8	0,15	3,05	4,5	0,3	<0,01	I	20	25	0,094	0,071	0,009	0,004
	16	6,8	1,8	0,4	0,8	0,10	3,36	3,9	0,3	<0,01	I	20	21	0,084	0,063	0,012	0,002
	22	6,8	1,9	0,5	0,9	0,10	3,56	4,0	0,3	<0,01	I	21	21	0,085	0,042	I	0,002
	29	6,7	1,9	0,5	0,8	0,08	3,58	4,0	0,3	<0,01	I	23	21	0,083	0,062	0,008	0,005

ANNEXE 3 - Données de laboratoire - Eau de l'exutoire du lac Laflamme - 1987 (suite)

Date		pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Alc.G (mg/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	NO_3 (mg/l)	P (mg/l)	Cond. [a]	Coul.[b]	Al (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Zn (mg/l)
JUIL	7	6,8	1,8	0,4	0,8	0,08	3,28	3,9	0,3	<0,01	I	21	23	0,106	0,073	0,009	0,004
	14	6,5	1,8	0,5	0,8	0,08	3,44	4,1	0,3	<0,01	I	21	24	0,091	0,093	0,016	0,004
	21	6,5	1,9	0,5	0,8	0,10	3,49	4,2	0,3	<0,01	I	21	22	0,094	0,076	0,009	0,003
	28	6,4	1,9	0,5	0,8	0,07	3,50	4,1	0,3	0,01	I	23	21	0,090	0,093	0,006	0,002
AOÛT	4	6,7	1,9	0,4	0,8	0,10	3,73	4,0	0,3	<0,01	I	23	27	0,087	0,099	0,010	0,005
	11	6,7	1,8	0,4	0,9	0,08	3,80	3,8	0,3	<0,01	I	22	24	0,083	0,099	0,008	0,005
	18	6,5	2,1	0,5	0,9	0,05	4,67	3,8	0,3	<0,01	I	25	24	0,077	0,097	0,012	0,002
	25	6,7	2,1	0,5	0,9	0,02	4,22	4,1	0,3	0,01	I	22	24	0,073	0,097	0,006	0,003
SEP	1	6,5	1,9	0,5	0,8	0,09	3,76	4,0	0,3	<0,01	I	23	28	0,092	0,101	0,006	0,005
	8	6,7	2,1	0,5	0,9	0,14	5,62	4,0	0,3	<0,01	I	25	26	0,075	0,092	0,008	0,004
	15	6,8	2,1	0,5	0,9	0,14	5,09	3,8	0,3	<0,01	I	25	24	0,064	0,085	0,006	0,007
	22	6,7	2,0	0,5	1,0	0,14	4,52	4,3	0,3	<0,01	I	25	23	0,070	0,107	0,005	0,001
	29	6,5	2,1	0,5	1,0	0,14	4,69	4,4	0,3	<0,01	I	21	25	0,067	0,099	0,003	0,003
OCT	6	6,7	2,1	0,5	1,1	0,14	4,83	4,8	0,3	<0,01	I	21	30	0,073	0,107	0,005	0,002
	13	6,4	2,2	0,5	0,9	0,11	4,89	4,0	0,4	0,01	I	22	25	0,081	0,149	0,008	0,003
	20	6,6	2,2	0,5	1,0	0,15	4,90	3,8	0,3	0,01	I	21	22	0,070	0,105	0,004	0,002
	27	6,9	2,2	0,5	1,0	0,13	5,23	4,6	0,4	0,02	I	22	24	0,074	0,107	0,005	0,002
NOV	3	6,9	2,2	0,5	1,0	0,13	6,05	4,5	0,4	0,03	I	22	27	0,084	0,109	0,005	0,003
	9	6,8	2,2	0,5	0,9	0,12	4,60	4,7	0,4	0,04	I	21	28	0,094	0,107	0,006	0,002
	17	6,7	2,3	0,5	1,0	0,13	4,90	4,9	0,3	0,05	I	23	28	0,097	0,105	0,006	0,003
	24	6,4	2,1	0,4	0,8	0,10	3,42	4,8	0,3	0,07	I	20	29	0,118	0,100	0,006	0,005
DEC	1	6,6	2,2	0,5	0,9	0,16	4,44	4,8	0,3	0,09	I	22	24	0,104	0,096	0,006	0,003
	8	6,4	2,5	0,5	1,1	0,15	4,68	5,5	0,4	0,08	I	24	26	0,111	0,105	0,006	0,004
	15	6,7	2,5	0,5	1,0	0,15	4,71	5,7	0,4	0,06	I	24	28	0,110	0,113	0,004	0,003
	22	6,6	2,5	0,5	1,1	0,17	5,24	5,5	0,3	0,08	I	24	21	0,098	0,100	0,006	0,003
	29	6,8	2,5	0,5	1,0	0,14	5,09	5,6	0,4	0,08	I	24	21	0,093	0,103	0,008	0,004

[a] Conductivité en µS/cm. [b] Couleur exprimée en unités Hazen.

ANNEXE 3

Données de laboratoire - Eau de l'exutoire du lac Laflamme
1988

Date		pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Alc.G (mg/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	NO_3 (mg/l)	P (mg/l)	Cond. [a]	Coul.[b]	Al (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Zn (mg/l)
JAN	5	6,6	2,5	0,50	0,9	0,12	5,39	5,4	0,3	0,07	I	24	24	0,109	0,106	0,009	0,004
	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19	6,6	2,4	0,50	1,0	0,18	5,20	4,6	0,3	0,08	I	25	22	0,109	0,144	0,024	0,007
	27	6,5	2,2	0,50	1,1	0,21	4,96	4,3	0,4	0,07	I	23	24	-	-	-	-
FEV	2	6,4	2,3	0,50	1,0	0,21	5,17	4,5	0,4	0,08	I	24	24	0,119	0,114	0,020	0,004
	9	6,6	2,5	0,50	1,0	0,20	5,83	4,4	0,3	0,10	I	26	25	0,100	0,109	0,017	0,004
	16	6,8	2,7	0,60	1,1	0,22	6,08	4,8	0,3	0,10	I	26	25	0,100	0,120	0,016	0,005
	23	6,7	2,7	0,60	1,1	0,22	6,43	4,9	0,3	0,15	I	26	20	0,109	0,150	0,023	I
MAR	1	6,9	2,7	0,60	1,1	0,22	6,85	4,4	0,3	0,10	I	26	18	0,100	0,197	0,037	0,006
	8	6,9	2,7	0,60	1,0	0,22	6,93	4,4	0,3	0,09	I	26	21	0,119	0,218	0,037	0,004
	15	6,8	2,8	0,60	1,0	0,24	7,59	4,2	0,3	0,09	I	27	28	0,109	0,275	0,050	0,006
	22	6,5	2,9	0,60	1,1	0,24	7,64	4,4	0,3	0,10	I	27	29	0,119	0,314	0,052	0,005
	29	7,0	3,0	0,60	1,1	0,24	7,61	4,3	0,3	0,15	I	29	28	0,069	0,388	0,061	0,005
AVR	5	6,7	2,6	0,60	1,1	0,22	4,95	5,0	0,4	0,31	I	28	20	0,072	0,198	0,051	0,006
	12	6,5	2,1	0,40	0,8	0,16	2,94	4,3	0,4	0,38	I	22	28	0,051	0,150	0,037	0,009
	19	6,3	2,2	0,50	0,9	0,20	3,72	4,6	0,3	0,30	I	23	18	0,066	0,110	0,030	0,006
	26	6,2	2,2	0,50	0,9	0,19	4,35	4,3	0,4	0,21	I	22	16	0,071	0,117	0,027	0,005
MAI	2	6,5	2,2	0,50	0,9	0,19	4,46	4,2	0,3	0,18	I	23	19	0,063	0,110	0,024	0,005
	10	5,6	1,5	0,30	0,5	0,24	0,91	4,6	0,4	0,17	I	16	36	0,163	0,110	0,033	0,008
	17	6,2	1,8	0,40	0,7	0,21	2,86	3,9	0,4	0,07	I	18	41	0,154	0,255	0,027	0,005
	24	6,5	1,8	0,40	0,6	0,19	2,70	4,2	0,4	0,03	I	17	36	0,119	0,117	0,016	0,005
	31	6,6	1,7	0,40	0,7	0,22	2,84	4,6	0,3	0,01	I	18	35	0,103	0,073	0,011	0,003
JUIN	7	6,5	1,7	0,40	0,7	0,18	2,84	4,7	0,4	0,01	I	18	28	0,086	0,045	0,005	0,004
	14	6,6	1,8	0,40	0,7	0,21	3,27	4,5	0,3	0,01	I	19	26	0,080	0,056	0,004	0,003
	21	6,7	1,8	0,40	0,8	0,21	3,46	4,3	0,3	0,01	I	20	25	0,080	0,088	0,016	0,004
	28	6,7	1,9	0,40	0,8	0,20	3,40	4,6	0,3	0,00	I	20	27	0,100	0,077	0,014	0,002

ANNEXE 3 - Données de laboratoire - Eau de l'exutoire du lac Laflamme - 1988 (suite)

Date		pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Alc.G (mg/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	NO_3 (mg/l)	P (mg/l)	Cond. [a]	Coul.[b]	Al (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Zn (mg/l)
JUIL	5	6,7	1,8	0,40	0,8	0,18	3,37	4,1	0,3	0,00	I	20	25	0,088	0,084	0,017	0,002
	12	6,5	1,8	0,40	0,8	0,18	3,17	3,9	0,3	0,00	I	19	34	0,109	0,125	0,018	0,002
	19	6,6	1,8	0,40	0,8	0,16	3,51	4,0	0,3	0,01	I	20	31	0,070	0,084	0,016	0,002
	26	6,6	1,8	0,50	0,8	0,18	3,37	4,3	0,3	0,01	0,009	20	25	0,073	0,099	0,019	0,003
AOÛT	2	6,7	1,8	0,50	0,8	0,16	3,08	4,2	0,3	0,00	0,009	20	21	0,068	0,083	0,011	0,001
	9	6,5	1,9	0,50	0,8	0,15	3,56	4,1	0,3	0,00	0,006	20	21	0,059	0,084	0,017	0,002
	16	6,6	1,9	0,50	0,8	0,13	3,85	4,0	0,3	0,00	0,008	21	27	0,081	0,101	0,014	0,002
	23	6,8	2,0	0,50	0,8	0,15	4,00	4,1	0,3	0,00	0,006	21	24	0,067	0,101	0,009	0,001
	30	6,6	2,0	0,50	0,8	0,13	3,52	4,3	0,3	0,00	0,009	20	33	0,094	0,130	0,010	0,003
SEP	6	6,6	2,0	0,50	0,7	0,14	3,47	4,3	0,3	0,00	0,006	21	37	0,087	0,099	0,010	0,002
	13	6,5	2,0	0,50	0,8	0,11	2,89	4,4	0,4	0,00	0,007	21	34	0,094	0,099	0,006	0,002
	20	6,6	2,0	0,40	0,8	0,09	3,62	4,3	0,3	0,02	0,006	21	31	0,087	0,091	0,011	0,002
	27	6,7	2,0	0,40	0,8	0,09	4,00	4,5	0,3	0,00	0,006	20	27	0,070	0,109	0,009	0,003
OCT	4	6,5	1,9	0,40	0,8	0,10	3,22	4,8	0,4	0,04	0,006	19	36	0,099	0,087	0,009	0,004
	11	6,6	2,0	0,40	0,7	0,09	2,76	4,7	0,4	0,04	0,006	19	36	0,102	0,093	0,008	0,004
	18	6,5	1,9	0,40	0,7	0,09	2,82	4,7	0,4	0,02	0,007	19	35	0,100	0,105	0,006	0,004
	25	6,6	2,0	0,40	0,7	0,09	3,13	4,6	0,4	0,02	0,007	21	40	0,110	0,105	0,008	0,003
NOV	1	6,6	2,1	0,40	0,8	0,11	3,45	4,6	0,4	0,02	0,006	21	36	0,097	0,083	0,008	0,003
	8	6,3	2,0	0,40	0,7	0,08	2,95	4,5	I	0,02	0,005	20	34	0,102	0,084	0,009	0,003
	15	6,3	1,9	0,40	0,8	0,15	2,66	4,8	I	0,02	0,004	21	28	0,106	0,075	0,008	0,004
	22	6,1	2,0	0,40	0,8	0,14	2,54	4,6	0,4	0,05	0,004	20	32	0,111	0,082	0,011	0,004
	29	6,2	2,1	0,40	0,9	0,18	2,62	4,8	0,4	0,08	0,004	22	27	0,105	0,080	0,013	0,004
DEC	6	6,2	2,2	0,40	0,8	0,11	3,10	5,0	0,3	0,06	0,004	22	26	0,106	0,075	0,012	0,005
	13	6,2	2,4	0,50	0,9	0,13	3,42	5,2	0,3	0,07	<0,001	24	27	0,116	0,080	0,013	0,004
	20	6,1	2,4	0,50	0,9	0,13	3,79	5,0	0,3	0,09	0,005	24	24	0,100	0,074	0,012	0,004
	28	6,0	2,3	0,50	0,9	0,13	4,08	4,7	0,3	0,09	0,004	24	27	0,093	0,080	0,013	0,004

[a] Conductivité en µS/cm. [b] Couleur exprimée en unités Hazen.

ANNEXE 3

Données de laboratoire - Eau de l'exutoire du lac Laflamme
1989

Date		pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Alc.G (mg/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	NO_3 (mg/l)	P (mg/l)	Cond. [a]	Coul.[b]	Al (mg/l)	Fe (mg]l)	Mn (mg/l)	Zn (mg/l)
JAN	1	6,3	2,4	0,40	0,9	0,13	4,55	4,3	0,3	0,05	0,004	24	24	0,095	0,078	0,014	0,004
	10	6,2	2,5	0,50	0,8	0,12	4,59	4,7	0,3	0,04	0,005	24	24	0,097	0,070	0,021	0,005
	17	6,3	2,4	0,40	0,9	0,14	4,90	4,1	0,3	0,09	0,005	24	20	0,089	0,077	0,015	0,004
	24	6,1	2,5	0,50	0,9	0,14	5,16	5,4	0,3	0,09	0,005	24	21	0,082	0,111	0,020	0,004
FEV	7	6,2	2,6	0,50	0,9	0,14	5,85	4,3	0,3	0,09	0,010	25	21	0,074	0,147	0,026	0,004
	14	6,3	2,7	0,50	0,9	0,16	6,25	4,4	0,2	0,08	0,005	25	24	0,070	0,178	0,037	0,004
	21	6,2	2,7	0,50	0,9	0,17	6,41	5,0	0,3	0,09	0,007	26	20	0,074	0,208	0,036	0,004
	28	6,2	2,6	0,60	0,9	0,16	6,74	4,1	0,3	0,11	0,004	26	21	0,064	0,249	0,041	0,004
MAR	7	6,2	2,7	0,50	0,9	0,16	6,90	4,2	0,3	0,10	0,005	27	23	0,064	0,334	0,052	0,003
	14	6,3	3,0	0,60	0,9	0,12	7,28	4,1	0,3	0,11	0,005	27	26	0,065	0,402	0,058	0,004
	21	6,3	2,9	0,60	1,0	0,20	7,58	3,5	0,3	0,12	0,005	27	19	0,061	0,391	0,063	0,004
	28	6,3	2,7	0,50	0,8	0,16	6,13	4,3	0,3	0,25	0,004	25	22	0,070	0,364	0,073	0,006
AVR	4	6,9	2,8	0,50	0,9	0,16	6,79	4,5	0,3	0,24	0,004	26	21	0,071	0,370	0,061	0,004
	11	6,2	2,8	0,50	1,0	0,16	5,83	4,9	0,3	0,24	0,004	26	25	0,067	0,287	0,047	0,005
	18	6,0	2,5	0,50	0,9	0,16	4,79	4,4	0,4	0,35	0,004	25	31	0,070	0,265	0,044	0,005
	25	6,2	2,4	0,50	0,9	0,15	4,55	4,1	0,4	0,29	0,005	26	16	0,068	0,152	0,024	0,005
MAI	2	6,6	2.0	0,40	0,7	0,11	2,53	4,3	0,3	0,43	0,004	22	16	0,061	0,123	0,024	0,005
	9	5,0	1,3	0,20	0,4	0,28	0,04	4,6	0,3	0,21	0,011	19	40	0,168	0,128	0,040	0,006
	16	5,9	1,7	0,30	0,6	0,17	2,74	3,9	0,3	0,14	0,009	19	41	0,131	0,297	0,037	0,006
	23	6,1	1,6	0,30	0,5	0,18	2,10	4,1	0,3	0,07	0,008	16	35	0,146	0,131	0,024	0,004
	30	6,3	1,6	0,30	0,6	0,18	2,24	4,0	0,3	0,05	0,007	16	30	0,132	0,081	0,016	0,004
JUIN	6	6,3	1,6	0,30	0,5	0,17	2,32	4,1	0,2	0,03	0,006	17	28	0,117	0,070	0,012	0,005
	13	6,4	1,7	0,40	0,6	0,15	2,83	4,3	0,2	0,03	0,008	17	28	0,125	0,077	0,011	0,005
	20	6,4	1,8	0,40	0,7	0,17	2,76	4,2	0,3	0,02	0,008	18	30	0,108	0,077	0,014	0,004
	27	6,5	1,7	0,40	0,7	0,14	2,67	4,3	0,3	0,01	0,009	17	23	0,107	0,102	0,020	0,003

ANNEXE 3 - Données de laboratoire - Eau de l'exutoire du lac Laflamme - 1989 (suite)

Date		pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Alc.G (mg/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	NO_3 (mg/l)	P (mg/l)	Cond.[a]	Coul.[b]	Al (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Zn (mg/l)
JUIL	4	6,4	1,8	0,40	0,7	0,16	2,85	4,1	0,3	0,01	0,008	18	28	0,099	0,075	0,016	0,003
	11	6,5	1,7	0,40	0,7	0,15	2,85	4,3	0,4	0,01	0,008	18	25	0,094	0,074	0,014	0,002
	18	6,4	1,7	0,40	0,7	0,14	2,96	4,3	0,5	0,00	0,011	18	28	0,091	0,113	0,016	0,002
	25	6,5	1,7	0,40	0,8	0,13	2,86	4,3	0,4	0,02	0,013	18	25	0,098	0,125	0,020	0,002
AOÛT	1	6,6	1,8	0,40	0,8	0,12	3,22	4,4	0,3	0,01	0,011	17	20	0,090	0,118	0,019	0,002
	8	6,7	1,9	0,50	0,8	0,16	3,61	4,3	0,3	0,01	0,007	19	19	0,071	0,082	0,014	0,002
	15	6,6	1,8	0,40	0,8	0,16	3,55	4,0	0,3	0,01	0,000	19	16	0,075	0,128	0,016	0,001
	22	6,7	2,1	0,40	0,8	0,13	3,97	4,2	0,3	0,01	0,005	20	21	0,067	0,123	0,014	0,002
	29	6,7	2,3	0,40	0,8	0,13	3,98	4,1	0,2	0,01	0,007	19	20	0,068	0,141	0,010	0,002
SEP	5	6,8	2,0	0,40	0,8	0,20	4,20	4,2	0,3	0,00	0,008	20	21	0,065	0,139	0,009	0,001
	12	6,7	1,9	0,40	0,8	0,14	4,36	4,2	0,3	0,00	0,010	19	25	0,058	0,135	0,009	0,001
	18	6,8	1,9	0,40	0,8	0,14	4,46	3,4	0,3	0,01	0,008	20	17	0,050	0,120	0,011	0,002
	27	6,8	2,1	0,40	0,8	0,14	5,16	4,6	0,3	0,01	0,009	20	22	0,051	0,145	0,008	0,001
OCT	3	6,7	2,2	0,40	0,9	0,15	5,17	3,4	0,3	0,00	0,086	20	26	0,055	0,150	0,008	0,002
	10	6,8	2,2	0,50	0,9	0,13	5,25	4,5	0,3	0,01	0,009	20	21	0,052	0,128	0,005	0,001
	17	6,8	2,2	0,50	0,8	0,13	5,17	4,4	0,3	0,03	0,008	21	21	0,061	0,109	0,005	0,001
	24	6,7	2,2	0,40	0,8	0,12	4,89	4,5	0,4	0,04	0,008	21	25	0,079	0,125	0,009	0,002
	31	6,8	2,3	0,50	0,9	0,13	4,89	5,4	0,3	0,04	0,008	21	26	0,074	0,108	0,008	0,002
NOV	7	6,7	2,3	0,50	0,9	0,14	4,77	4,2	0,4	0,03	0,007	22	29	0,082	0,112	0,009	0,002
	14	6,5	2,3	0,40	0,9	0,11	4,71	4,1	0,4	0,05	0,007	21	25	0,078	0,107	0,009	0,002
	21	6,3	2,2	0,40	0,8	0,14	3,58	4,4	0,4	0,07	0,008	20	28	0,108	0,115	0,012	0,003
	28	6,3	2,3	0,50	0,9	0,13	3,82	4,9	0,4	0,07	0,007	22	28	0,121	0,100	0,007	0,004
DEC	6	6,3	2,3	0,40	0,9	0,13	3,77	4,6	0,5	0,07	0,008	22	25	0,124	0,097	0,003	0,005
	12	6,3	2,3	0,50	0,9	0,12	3,93	4,8	0,4	0,10	0,006	23	27	0,132	0,092	0,004	0,004
	19	6,3	2,5	0,50	1,0	0,14	4,42	5,0	0,4	0,10	0,006	24	28	0,126	0,097	0,005	0,004
	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[a] Conductivité en µS/cm. [b] Couleur exprimée en unités Hazen.

ANNEXE 3

Données de laboratoire - Eau de l'exutoire du lac Laflamme
1990

Date		pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Alc.G (mg/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	NO_3 (mg/l)	P (mg/l)	Cond. [a]	Coul.[b]	Al (mg/l)	Fe (mg]l)	Mn (mg/l)	Zn (mg/l)
JAN	2	6,2	2,6	0,50	1,0	0,15	4,88	5,1	0,4	0,10	0,006	26	28	0,120	0,096	0,004	0,004
	9	6,3	2,5	0,50	1,0	0,16	4,89	5,1	0,4	0,10	0,006	25	26	0,182	0,099	0,002	0,004
	16	6,3	2,4	0,50	1,0	0,18	5,17	5,1	0,4	0,10	0,006	24	26	0,102	0,096	0,013	0,005
	23	6,3	2,5	0,50	1,0	0,16	5,15	4,9	0,4	0,09	0,006	24	24	0,092	0,072	0,000	0,004
	31	6,3	2,5	0,50	1,0	0,09	5,19	4,5	0,4	0,10	0,005	24	21	0,093	0,066	0,007	0,004
FEV	6	6,4	2,5	0,50	1,0	0,22	5,55	4,5	0,4	0,11	0,005	25	25	0,088	0,067	0,011	0,004
	13	6,3	2,6	0,50	1,1	0,22	5,67	4,2	0,4	0,11	0,005	25	21	0,087	0,124	0,011	0,004
	20	6,2	2,6	0,50	1,1	0,23	5,89	4,0	0,3	0,10	0,006	26	21	0,082	0,128	0,008	0,004
	27	6,2	2,6	0,50	1,1	0,24	4,70	4,3	0,4	0,09	0,005	26	21	0,076	0,151	0,014	0,004
MAR	6	6,3	2,6	0,50	1,1	0,22	5,35	4,2	0,3	0,10	0,005	25	17	0,079	0,206	0,027	0,004
	13	6,4	2,7	0,50	1,0	0,21	5,88	4,0	0,3	0,09	0,005	25	36	0,074	0,315	0,035	0,004
	20	6,0	2,7	0,60	1,0	0,21	4,39	4,5	0,4	0,20	0,005	27	31	0,078	0,265	0,049	0,004
	27	6,5	2,5	0,50	1,0	0,21	5,72	4,3	0,4	0,23	0,003	22	26	0,076	0,279	0,038	0,004
AVR	3	6,3	2,6	0,50	1,1	0,23	5,49	4,3	0,4	0,24	0,006	27	21	0,077	0,325	0,042	0,004
	10	6,2	2,8	0,60	1,1	0,21	5,72	4,8	0,4	0,24	0,004	28	23	0,067	0,219	0,035	0,004
	17	5,9	2,8	0,60	1,1	0,21	5,90	4,4	0,4	0,23	0,004	29	22	0,067	0,259	0,036	0,004
	24	6,1	2,7	0,60	1,1	0,20	4,94	4,5	0,4	0,26	0,004	27	24	0,070	0,243	0,041	0,004
MAI	1	5,0	1,2	0,20	0,4	0,31	-0,39	4,1	0,3	0,15	0,009	16	29	0,144	0,123	0,034	0,004
	8	5,1	1,0	0,20	0,4	0,16	-0,09	3,3	0,2	0,07	0,006	13	25	0,127	0,170	0,027	0,004
	15	6,1	1,8	0,40	0,7	0,27	2,59	3,7	0,5	0,05	0,009	19	38	0,118	0,278	0,032	0,004
	22	6,0	1,7	0,40	0,7	0,22	2,51	3,8	0,3	0,04	0,007	17	28	0,145	0,181	0,021	0,004
	30	6,2	1,7	0,40	0,7	0,24	2,64	3,7	0,3	0,03	0,010	17	24	0,189	0,120	0,011	0,003

[a] Conductivité en µS/cm. [b] Couleur exprimée en unités Hazen.

ANNEXE 4

Apports atmosphériques mensuels pour le bassin du lac Laflamme en 1987 (kg/ha)

Mois	H^+	%	Ca^{++}	%	Mg^{++}	%	Na^+	%	K^+	%	$N\text{-}NH_4^+$	%	SO_4^-	%	Cl^-	%	$N\text{-}NO_3^-$	%	Précipitations (APN) (mm)	%
Janvier	0,011	2	0,01	1	0,004	2	0,01	4	0,007	3	0,01	0	0,16	0	0,03	4	0,10	3	51,2	4
Février	0,003	0	0,00	0	0,001	0	0,00	0	0,001	0	0,00	0	0,01	0	0,00	0	0,004	1	8,4	0
Mars	0,029	7	0,04	6	0,014	10	0,05	17	0,013	6	0,12	6	1,00	6	0,08	15	0,21	7	112,1	10
Avril	0,022	5	0,04	5	0,007	5	0,02	6	0,011	5	0,08	4	0,91	5	0,04	6	0,11	3	64,1	5
Mai	0,039	10	0,18	25	0,029	21	0,03	10	0,027	12	0,40	19	2,57	15	0,06	9	0,33	11	74,6	6
Juin	0,043	11	0,07	10	0,013	9	0,03	9	0,071	33	0,27	13	2,19	13	0,04	6	0,26	8	150,3	13
Juillet	0,047	12	0,06	8	0,010	7	0,01	5	0,021	9	0,18	8	2,33	14	0,04	6	0,20	6	125,0	10
Août	0,040	10	0,05	7	0,010	7	0,02	5	0,009	4	0,15	7	1,96	11	0,04	6	0,19	6	97,8	8
Septembre	0,025	6	0,04	5	0,009	6	0,02	5	0,013	6	0,16	7	1,28	7	0,03	4	0,14	5	117,0	10
Octobre	0,049	12	0,11	16	0,020	14	0,05	16	0,015	7	0,24	12	1,65	9	0,09	14	0,52	18	133,2	11
Novembre	0,052	13	0,07	10	0,014	10	0,04	12	0,019	8	0,33	16	1,93	11	0,10	17	0,51	17	144,1	12
Décembre	0,021	5	0,01	1	0,005	3	0,01	4	0,005	2	0,04	2	0,43	2	0,04	6	0,23	8	67,8	6
Total	**0,383**		**0,68**		**0,136**		**0,29**		**0,211**		**2,01**		**16,51**		**0,60**		**2,86**		**1151,7**	

ANNEXE 4 (suite)

Apports atmosphériques mensuels pour le bassin du lac Laflamme en 1988 (kg/ha)

Mois	H^+	%	Ca^{++}	%	Mg^{++}	%	Na^+	%	K^+	%	$N\text{-}NH_4^+$	%	SO_4^-	%	Cl^-	%	$N\text{-}NO_3^-$	%	Précipitations (APN) (mm)	%
Janvier	0,072	12	0,09	6	0,030	8	0,12	19	0,024	8	0,23	7	1,76	7	0,21	17	0,74	15	101,3	7
Février	0,041	7	0,17	11	0,063	18	0,11	17	0,036	12	0,15	4	0,97	3	0,16	13	0,55	11	147,4	10
Mars	0,025	4	0,04	2	0,016	4	0,05	8	0,012	3	0,11	3	0,76	3	0,07	5	0,26	5	55,5	3
Avril	0,033	5	0,10	6	0,017	4	0,04	6	0,014	4	0,26	8	1,52	6	0,07	6	0,29	6	98,0	6
Mai	0,014	2	0,06	4	0,012	3	0,01	1	0,027	9	0,10	3	0,77	3	0,01	1	0,10	2	47,8	3
Juin	0,040	6	0,36	25	0,049	14	0,03	5	0,033	11	0,35	10	2,68	10	0,09	7	0,35	7	114,2	8
Juillet	0,030	5	0,11	7	0,031	8	0,02	3	0,021	7	0,25	7	1,57	6	0,05	4	0,21	4	104,0	7
Août	0,084	14	0,13	9	0,036	10	0,03	4	0,028	9	0,44	13	4,16	16	0,08	6	0,45	9	183,7	13
Septembre	0,068	11	0,15	10	0,044	12	0,04	6	0,037	12	0,31	9	3,35	13	0,08	6	0,39	8	137,8	9
Octobre	0,081	13	0,07	5	0,021	5	0,07	11	0,024	8	0,61	18	4,26	17	0,13	10	0,47	10	193,8	13
Novembre	0,058	9	0,07	4	0,022	6	0,07	10	0,018	6	0,22	6	1,88	7	0,14	11	0,51	10	145,4	10
Décembre	0,034	5	0,06	2	0,008	2	0,04	5	0,022	7	0,17	5	0,88	3	0,10	8	0,42	8	80,5	5
Total	**0,580**		**1,39**		**0,349**		**0,62**		**0,296**		**3,20**		**24,55**		**1,19**		**4,73**		**1409,4**	

ANNEXE 5

Exportations mensuelles à l'exutoire du lac Laflamme en 1987 (kg/ha)

Mois	H^+	%	Ca^{++}	%	Mg^{++}	%	Na^+	%	K^+	%	Alcalinité	%	SO_4^-	%	Cl^-	%	$N\text{-}NO_3^-$	%	Al	%	Précipitations (mm)	%
Janvier	0,00003	1	0,54	4	0,12	3	0,021	4	0,04	8	1,31	5	0,84	3	0,06	3	0,02	4	0,01	2	0,009	4
Fevrier	0,00001	0,4	0,23	2	0,05	1	0,09	2	0,02	2	0,63	2	0,36	1	0,03	1	0,01	1	0,01	1	0,004	2
Mars	0,00004	1,2	0,30	2	0,06	2	0,11	2	0,03	3	0,76	3	0,52	2	0,05	2	0,02	5	0,01	1	0,006	3
Avril	0,00180	60,2	3,40	24	0,72	23	1,27	22	0,38	39	5,10	19	8,78	29	0,75	31	0,27	61	0,39	45	0,071	32
Mai	0,00020	6,8	1,74	12	0,38	12	0,73	13	0,09	9	3,04	11	3,44	11	0,28	12	0,02	5	0,11	13	0,028	13
Juin	0,00010	3,2	0,88	6	0,21	7	0,39	7	0,05	5	1,59	6	1,95	6	0,14	6	0,00	0	0,04	5	0,012	6
Juillet	0,00017	5,7	1,23	9	0,31	10	0,53	9	0,06	6	2,29	8	2,68	9	0,20	8	0,00	0	0,06	7	0,014	6
Août	0,00006	2,1	0,51	4	0,12	4	0,22	4	0,02	2	1,05	4	1,02	3	0,08	3	0,00	0	0,02	2	0,005	2
Septembre	0,00007	2,4	0,67	5	0,16	5	0,30	5	0,04	4	1,58	6	1,34	4	0,10	4	0,00	0	0,02	3	0,007	3
Octobre	0,00015	5,0	1,39	10	0,32	10	0,64	11	0,08	9	3,25	12	2,79	9	0,23	9	0,01	2	0,05	6	0,016	7
Novembre	0,00024	8,1	2,14	15	0,46	15	0,89	15	0,12	12	4,44	16	4,65	15	0,33	14	0,05	12	0,10	11	0,029	13
Décembre	0,00012	3,8	1,13	7	0,23	7	0,47	7	0,07	6	2,23	8	2,49	7	0,17	6	0,04	8	0,05	5	0,019	8
Total	0,00299		14,04		3,10		5,81		0,99		27,03		30,64		2,39		0,43		0,867		0,219	

ANNEXE 5 (suite)

Exportations mensuelles à l'exutoire du lac Laflamme en 1988 (kg/ha)

Mois	H^+	%	Ca^{++}	%	Mg^{++}	%	Na^+	%	K^+	%	Alcalinité	%	SO_4^-	%	Cl^-	%	$N\text{-}NO_3^-$	%	Al	%	Précipitations (mm)	%
Janvier	0,00002	0,5	0,23	1	0,05	1	0,09	1	0,01	1	0,49	2	0,48	1	0,03	1	0,01	1	0,01	1	0,004	3
Fevrier	0,00011	2,5	1,06	6	0,23	6	0,44	7	0,09	7	2,47	9	1,93	5	0,14	5	0,04	9	0,05	5	0,019	13
Mars	0,00002	0,5	0,38	2	0,08	2	0,14	2	0,03	2	0,96	4	0,59	2	0,04	1	0,02	3	0,01	2	0,006	4
Avril	0,00011	2,6	0,65	4	0,14	4	0,26	4	0,06	4	1,17	4	1,28	3	0,10	3	0,08	17	0,02	2	0,010	7
Mai	0,00238	54,3	4,02	24	0,88	24	1,48	23	0,49	36	5,61	20	9,73	26	0,88	29	0,22	47	0,31	35	0,079	54
Juin	0,00015	3,5	1,19	7	0,26	7	0,50	8	0,13	10	2,15	8	2,97	8	0,21	7	0,00	1	0,06	7	0,020	14
Juillet	0,00011	2,5	0,80	5	0,19	5	0,35	5	0,08	6	1,47	5	1,82	5	0,13	4	0,00	0	0,04	4	0,009	6
Août	0,00015	3,5	1,26	8	0,32	9	0,51	8	0,09	7	2,37	9	2,70	7	0,19	7	0,00	0	0,05	6	0,000	0
Septembre	0,00023	5,3	1,76	11	0,40	11	0,69	11	0,10	7	3,04	11	3,87	10	0,29	10	0,01	1	0,08	9	0,000	0
Octobre	0,00033	7,5	2,38	14	0,48	13	0,90	14	0,11	8	3,77	14	5,66	15	0,47	16	0,03	7	0,12	14	0,000	0
Novembre	0,00049	11,2	1,83	11	0,37	10	0,71	11	0,11	8	2,59	9	4,26	11	0,36	12	0,03	6	0,10	11	0,000	0
Decembre	0,00026	6,0	0,92	6	0,19	5	0,35	5	0,05	4	1,38	5	1,95	5	0,12	4	0,03	7	0,04	5	0,000	0
Total	**0,00439**		**16,49**		**3,59**		**6,43**		**1,36**		**27,47**		**37,23**		**2,98**		**0,48**		**0,880**		**0,148**	

ANNEXE 5 (suite)

Exportations mensuelles à l'exutoire du lac Laflamme en 1989 (kg/ha)

Mois	H^+	%	Ca^{++}	%	Mg^{++}	%	Na^+	%	K^+	%	Alcalinité	%	SO_4^-	%	Cl^-	%	$N\text{-}NO_3^-$	%	Al	%	Précipitations (mm)	%
Janvier	0,00011	1,1	0,41	3	0,08	3	0,15	3	0,02	2	0,84	4	0,78	3	0,05	2	0,01	2	0,01	2	0,001	2
Février	0,00008	0,8	0,38	3	0,07	3	0,13	3	0,02	2	0,88	4	0,64	2	0,04	2	0,01	2	0,01	1	0,001	2
Mars	0,00003	0,5	0,20	2	0,04	2	0,06	1	0,01	1	0,49	2	0,31	1	0,02	1	0,02	3	0,01	1	0,000	1
Avril	0,00010	1,0	0,46	4	0,09	4	0,16	4	0,03	3	0,96	5	0,78	3	0,06	3	0,05	8	0,01	2	0,001	1
Mai	0,00829	85,3	4,07	33	0,72	31	1,36	31	0,51	48	4,75	23	10,69	39	0,77	38	0,38	65	0,36	51	0,023	39
Juin	0,00039	4,0	1,50	12	0,32	14	0,54	12	0,15	14	2,31	11	3,74	14	0,22	11	0,02	4	0,11	15	0,007	12
Juillet	0,00010	1,0	0,50	4	0,11	5	0,21	5	0,04	4	0,83	4	1,22	4	0,11	6	0,00	0	0,03	4	0,003	5
Août	0,00006	0,6	0,51	4	0,11	5	0,21	5	0,04	4	0,96	5	1,09	4	0,08	4	0,00	0	0,02	3	0,001	2
Septembre	0,00004	0,4	0,52	4	0,10	4	0,21	5	0,04	4	1,18	6	1,03	4	0,07	4	0,00	0	0,01	2	0,004	7
Octobre	0,00010	1,0	1,18	10	0,24	10	0,45	10	0,07	6	2,67	13	2,37	9	0,18	9	0,02	3	0,04	5	0,010	17
Novembre	0,00033	3,4	2,01	16	0,38	16	0,77	17	0,11	11	3,76	18	3,89	14	0,35	17	0,05	8	0,08	12	0,007	11
Décembre	0,00010	1,0	0,45	4	0,09	4	0,18	4	0,03	2	0,78	4	0,92	3	0,08	3	0,02	5	0,02	2	0,001	1
Total	**0,00972**		**12,18**		**2,36**		**4,42**		**1,06**		**20,40**		**27,45**		**2,03**		**0,58**		**0,709**		**0,058**	